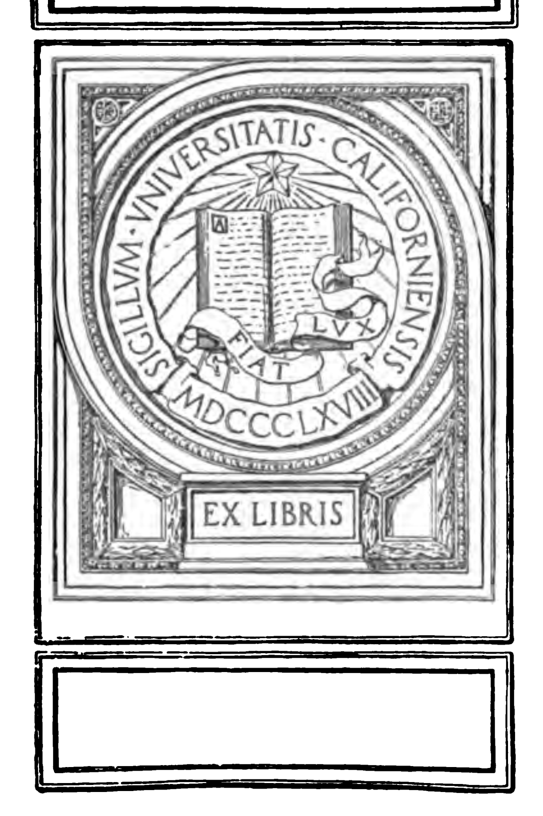

UC-NRLF
B 3 733 942


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

JOURNAL

DE

L'ANATOMIE

ET DE

LA PHYSIOLOGIE

NORMALES ET PATHOLOGIQUES

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

SAINT-DENIS — IMPRIMERIE CH. LAMBERT, 17, RUE DE PARIS.

JOURNAL

DE

L'ANATOMIE

ET DE

LA PHYSIOLOGIE

NORMALES ET PATHOLOGIQUES

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

FONDÉ PAR

CHARLES ROBIN

DIRIGÉ PAR

GEORGES POUCHET
Professeur au Muséum d'histoire naturelle

VINGT-DEUXIÈME ANNÉE

1886

PARIS

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET C[ie]

FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1886

JOURNAL

DE

L'ANATOMIE

ET DE

LA PHYSIOLOGIE

NORMALES ET PATHOLOGIQUES

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

RECHERCHES SUR LA VEINE OMBILICALE

Par E. WERTHEIMER

Professeur à la Faculté de Médecine de Lille.

(PLANCHES I ET II.)

I. — De la perméabilité de la veine ombilicale chez l'adulte.

La question de la perméabilité de la veine ombilicale qui intétéresse à la fois l'anatomiste et le pathologiste se pose en ces termes : ce vaisseau n'a-t-il qu'un rôle transitoire et limité à la période de la circulation placentaire, ou bien demeuré perméable après la vie intra-utérine, mais réduit à des fonctions plus modestes, peut-il servir, par des anastomoses avec les veines des parois abdominales, à ramener dans le sinus de la veine porte du sang provenant de ces parois. Si cette dernière alternative est la vraie, la veine ombilicale représenterait chez l'adulte, une des voies de communication entre le système de la veine porte et le système veineux général : et dans les cas de cirrhose, le sang ne pouvant plus passer par le foie, trouverait dans la veine ombilicale un canal tout ouvert où il s'engagerait pour être versé dans la veine cave, mais en suivant une direction précisément opposée à sa direction normale.

Nous ne voulons pas exposer ici en détail les phases diverses par lesquelles a passé l'étude de cette question : bornons-nous à rappeler que sur la foi de Haller, de Cruveilhier, de Rokitansky,

etc., la persistance d'un canal au centre du cordon de la veine ombilicale et sa dilatation dans les cas pathologiques étaient généralement admises comme des faits assez communs, quand M. Sappey vint prouver que le vaisseau qu'on considérait comme la veine ombilicale restée ou redevenue perméable, appartenait en réalité à l'un des groupes des veines portes accessoires, et qu'anormalement distendu, il rappelait entièrement cette veine par sa situation, sa direction, son calibre.

L'opinion de M. Sappey confirmée encore par le rapport du regretté professeur Robin, à l'Académie de médecine, avait prévalu quand Baumgarten dans un mémoire intituté : De la perméabilité des vaisseaux du fœtus et publié dans le *Centralblatt* (1877), remit tout en question.

Cet auteur au lieu de s'en tenir aux injections et à la dissection s'est aidé du microscope. En faisant des coupes sur le cordon de la veine ombilicale, il yaurait constaté la présence d'une cavité centrale tapissée d'un endothélium et renfermant du sang à l'état frais; le dernier centimètre du vaisseau au voisinage de l'anneau serait seul oblitéré. Chez la plupart des sujets, 36 fois sur 60, sa lumière recevrait aisément une grosse soie de porc, parfois même dans le segment qui avoisine le foie une sonde métallique (8 fois sur 60) : ce n'est que 5 ou 6 fois que l'oblitération lui a paru totale. Dans la cirrhose, la veine ombilicale servirait donc à l'établissement de la circulation collatérale et se dilaterait jusqu'à acquérir le diamètre d'une plume d'oie ou même du petit doigt.

En présence de ces opinions contradictoires, nous avons pensé que ce sujet que nous avons eu à aborder dans notre thèse d'agrégation (sur le développement du foie et du système porte abdominal) mais que nous n'avions pu résoudre faute de temps, méritait de nouvelles recherches : malgré l'autorité qui s'attache aux travaux de Robin et de M. Sappey l'existence d'un orifice au centre du cordon de la veine ombilicale était un fait d'une constatation trop facile pour qu'il fut permis de croire à quelque méprise de la part de l'auteur allemand.

Nous avons donc pour contrôler les faits avancés par Baumgarten, examiné avec le concours de notre collègue et ami Hermann, l'état du vaisseau non seulement chez l'adulte mais aussi chez l'enfant, et nos recherches qui ont porté sur 16 sujets nous

ont donné des résultats assez concordants pour nous permettre d'en tirer des conclusions précises. Nous pouvons dire immédiatement que dans plus de la moitié des cas nous avons trouvé, ainsi que l'avait dit Baumgarten, un canal plein de sang, situé exactement au centre du cordon de la veine ombilicale, mais que cette cavité appartient comme on le verra, à une veinule de nouvelle formation et non à la veine ombilicale elle-même.

Pour suivre la description sommaire que nous allons avoir à faire, que le lecteur veuille bien jeter les yeux sur les différentes coupes transversales de la veine ombilicale représentées dans les planches annexées à ce travail, et en particulier sur les figures 3, 4, 6 et 7. On verra la lumière de la veine ombilicale oblitérée par un bouchon de tissu conjonctif (b) et ce bouchon lui-même circonscrit par un anneau musculo-élastique (a) nettement dessiné qui correspond à l'ancienne tunique interne du vaisseau du nouveau-né : la présence de ce tissu musculaire n'a rien d'étonnant, car nous avons constaté qu'à la naissance la veine ombilicale possède un grand nombre de fibres lisses, intimement mélangées au tissu élastique sous-endothélial. En dehors de la zone musculo-élastique le reste du cordon est formé par du tissu lamineux et élastique traversé par des faisceaux longitudinaux et transversaux de fibres lisses.

Telle est la configuration générale du cordon, surtout quand on l'étudie chez les enfants peu après l'oblitération. Chez l'adulte, le bouchon central a souvent diminué de diamètre ; l'anneau qui le limite peut être plus ou moins riche en muscles ou en tissu élastique, de même que le reste du cordon, mais sauf ces variations individuelles, l'aspect reste toujours le même.

Le fait important sur lequel nous voulons surtout insister, c'est que 9 fois sur 16 nous avons rencontré dans l'épaisseur du bouchon central une cavité remplie de sang.

Examinons-la d'abord chez l'adulte : nous prendrons comme type de notre description le cordon de la veine ombilicale d'un supplicié de 19 ans, chez lequel les tissus ont pu être examinés en parfait état de conservation.

Le cordon avait une longueur d'à peu près 18 centimètres, 10 centimètres depuis son embouchure jusqu'à la paroi abdominale, et 8 centimètres de ce dernier point jusqu'à l'ombilic.

Sectionné à 9 centimètres du foie il présente à l'œil nu un orifice central bien net sous forme d'un point rouge.

Une coupe pratiquée à ce niveau nous montre le bouchon lamineux, de dimension assez restreinte, mais bien reconnaissable cependant, limité par un anneau qui est riche en fibres musculaires et épais d'à peu près $\frac{1}{7}$ de millimètre. Dans le bouchon formé d'un tissu conjonctif lâche est plongée une petite veinule mesurant à peu près $\frac{1}{4}$ de millimètre dans son plus grand diamètre et renfermant encore du sang coagulé (fig. 1).

La figure 2 représente cette veine à un plus fort grossissement; ses parois apparaissent bien nettes dans le tissu lamineux qui les sépare de la zone musculo-élastique, et elle a tous les caractères des veinules qui rampent à la périphérie du cordon.

Chez une femme de 19 ans, et chez deux hommes, l'un de 22 ans, l'autre de 47, la disposition était absolument la même. Les coupes ont été pratiquées chez l'une à 8 centimètres, chez les deux autres à 5 et 6 centimètres du bout hépatique. Chez la première il existe sur quelques coupes deux orifices centraux, c'est-à-dire que la veinule se subdivise ce qui est encore assez fréquent, surtout à proximité de la paroi abdominale.

Chez le supplicié nous devons signaler une autre particularité significative : la veinule centrale que nous avons signalée à 9 centimètres de l'extrémité hépatique du cordon ne se retrouve plus à 2 cent. plus loin, en remontant vers le foie; elle est remplacée à ce niveau par un réseau capillaire bien développé, puis elle réapparaît à proximité de la branche gauche de la veine porte où elle vient se jeter. A l'extrémité opposée, c'est-à-dire au point où le cordon va s'appliquer à la paroi abdominale le vaisseau se résout également en petits ramuscules; quant au ligament qui de là s'étend jusqu'à l'ombilic, il est de nature fibro-élastique sans trace de cavité centrale, ce qui est la règle chez tous les sujets : aussi n'en sera-t-il plus question dans la suite.

Il était à supposer que chez les sujets morts de cirrhose du foie, la petite veine centrale devait augmenter de diamètre. C'est en effet ce que nous avons observé dans 2 cas sur 3. Chez un premier cirrhotique, âgé de 40 ans (voyez fig. 8 où le centre de la coupe a seul été représenté) on pouvait à partir de l'insertion du cordon ombilical sur la branche gauche de la veine porte introduire dans le canal central qui mesure 3 millimètres de

diamètre un stylet qui s'y engage dans une longueur de 5 centimètres. Au delà, les coupes montrent un orifice qui n'a plus qu'un millimètre environ entouré lui-même de 5 ou 6 veinules plus petites : ces derniers représentent les embouchures d'un réseau dérivatif très développé et situé dans les couches périphériques du cordon. On remarquait aussi chez ce sujet une véritable hypertrophie des fibres lisses de la zone musculo-élastique, qui ici touchent presque immédiatement le vaisseau central.

Chez un autre cirrhotique, âgé de 19 ans, le conduit central admet une fine aiguille à tricoter sur une longueur de plus de 9 centimètres, les coupes présentent avec celles qui proviennent du sujet précédent la plus grande analogie; au centre un orifice d'un millimètre environ, et autour de lui se groupent sur la plupart des préparations un certain nombre, ordinairement encore 5 ou 6 orifices plus petits. Ajoutons aussi que sur quelques coupes, il existe au centre deux vaisseaux absolument semblables et d'égale dimension. (Voyez figure 5 sur laquelle les deux veinules ne mesurent plus chacune qu'un demi-millimètre.)

Il n'est pas étonnant que soit à l'état normal, soit dans les cas pathologiques, ce canal ait été pris, en raison même de sa situation, pour la lumière de la veine ombilicale elle-même. Mais pour prouver qu'il appartient à une veinule de nouvelle formation il nous suffira d'invoquer la structure de ses parois qui n'est autre que celle des petites veines rampant à la surface du cordon, son isolement au milieu d'un bouchon lamineux central, enfin la distance qui le sépare de l'ancienne tunique interne plus ou moins modifiée. Ce n'est que vers l'extrémité hépathique du cordon qu'on peut retrouver une structure qui rappelle encore celle de la veine ombilicale du nouveau-né : en effet, M. Sappey a déjà noté que ce vaisseau pouvait rester perméable dans l'étendue de 1 à 2 centimètres et même davantage à partir de son embouchure.

Il est bon de remarquer aussi que l'état du cordon de la veine ombilicale chez les sujets morts de cirrhose concorde entièrement avec l'aspect que nous avons décrit chez les sujets normaux. On voit qu'il n'est pas question dans ces cas d'un vaisseau qui arrive à acquérir le diamètre d'une plume d'oie ou de l'index : la dilatation de la veine centrale est telle qu'on peut l'attendre d'un

vaisseau de ce calibre, et qui d'un quart de millimètre arrive à 1 millim. ou 1 millim. $\frac{1}{2}$: ce n'est qu'au niveau du sinus de la veine porte où persiste une portion du canal de la veine ombilicale que la distension devient plus considérable. Cependant dans la cirrhose le cordon tout entier est hypertrophié et cette hypertrophie porte à la fois sur ses fibres musculaires et sur le réseau veineux qui le parcourt.

Si l'on n'était pas encore entièrement convaincu que l'on a réellement sous les yeux une veinule nouvellement développée, il suffirait d'assister à la formation de ce petit vaisseau chez les jeunes sujets.

Sur un enfant de 5 mois le cordon de la veine ombilicale mesure à peu près 4 centimètres depuis son extrémité hépatique jusqu'à la paroi abdominale, au niveau de laquelle, par suite de sa rétraction, il offre une sorte de moignon conique. Une coupe faite à la partie moyenne de cette portion du cordon (fig. 3) nous montre la veine déjà complètement oblitérée par un bouchon lamineux, plus développé qu'il ne l'est chez l'adulte, et entièrement plein sans trace d'orifice ni de petits vaisseaux. Mais au niveau du moignon c'est-à-dire vers la paroi abdominale il existe déjà à son centre une petite veinule autour de laquelle viennent rayonner quelques capillaires coupés dans le sens de leur longueur (fig. 4). Le dessin rend très bien sur cette préparation traitée par le picrocarmin l'aspect de l'anneau (a) presque exclusivement élastique, tranchant par sa réfringence et sa coloration jaunâtre sur la teinte rosée du bouchon central (b) et envoyant des prolongements vers la périphérie du cordon.

Chez un enfant de 8 mois (fig. 6) la disposition est la même que chez le précédent : ici toutefois, la veinule remplie de sang n'est pas tout à fait centrale, et surtout on la poursuit sur une plus grande étendue du cordon, mais non cependant dans toute sa longueur : on voit aussi que l'anneau (a) est incomplet.

Enfin chez un enfant de 19 mois (fig. 7), chez lequel nous avions pu pratiquer par le bout hépatique de la veine ombilicale une injection au mercure, ce n'est plus un seul orifice que l'on rencontre, mais bien deux et sur certaines coupes trois orifices à peu près d'égal diamètre occupant la même situation que précédemment au milieu du bouchon (b) ; notons aussi ce détail

important que le mercure a rempli non seulement les veinules centrales mais encore les veines de la tunique adventice du cordon (v'v').

Il résulte assez clairement de nos dessins et de notre description que nous assistons, chez tous ces enfants, à la production, dans l'épaisseur du bouchon oblitérateur, du vaisseau que nous avons trouvé chez l'adulte à un état de complet développement. En réalité c'est un petit système vasculaire qui se forme à l'intérieur du cordon : car le vaisseau central comme nous l'avons vu à plusieurs reprises n'est pas toujours unique, il peut aussi ne pas être continu dans toute sa longueur, même chez l'adulte, en ce sens qu'il est remplacé dans une certaine étendue par un réseau de veinules presque capillaires qui le mettent en communication un peu plus loin avec une veine semblable; enfin il est l'aboutissant de petits vaisseaux qui certainement communiquent eux-mêmes avec les veinules de la périphérie du cordon, comme nous l'avons observé chez les cirrhotiques et chez l'enfant de 19 mois, et très probablement aussi avec celles de la paroi abdominale. Tout ce petit système vasculaire représente ainsi un sixième groupe de veines portes accessoires à ajouter à ceux qu'a décrits M. Sappey, et qui se développe après l'oblitération de la veine ombilicale en suivant une direction centripète; c'est-à-dire qu'il part du moignon de la veine ombilicale rétractée pour s'avancer progressivement jusque dans le sinus de la veine porte ou dans la portion de l'ombilicale restée perméable. La veine efférente de ce réseau vasculaire si exactement logée au centre du cordon simule, à s'y méprendre, la lumière de l'ancien vaisseau; c'est ainsi que la veine appelée parombilicale (mais mieux adombilicale), et signalée par M. Sappey a donné lieu à la même confusion.

Quant aux cas où l'orifice central n'existait pas, ils ont été au nombre de sept, dont 4 hommes et 3 femmes; de ces 4 hommes 2 avaient 35 ans, le troisième mort de cirrhose en avait 60, le dernier était un adulte dont l'âge n'a pas été noté.

Les trois femmes étaient âgées l'une de 36 ans, l'autre de 57; la troisième de 70. L'examen de ces sujets eux-mêmes vient encore apporter une nouvelle confirmation à notre manière de voir : car si la veinule centrale fait défaut, on n'en trouve pas moins à sa place un réseau vasculaire plus ou moins riche, mais

dont aucune ramification n'a pris un développement prépondérant.

Nous nous sommes occupé presque exclusivement dans notre description de l'orifice centro-ombilical, de ses caractères, de sa nature, sans nous arrêter à certains détails secondaires de structure.

Résumons cependant les transformations principales que subit l'ancienne veine ombilicale et qui ne varient du reste que dans des limites assez restreintes.

La zone musculo-élastique qui circonscrit le bouchon central, et qui répond à la tunique interne du vaisseau du nouveau-né ne manque jamais : on la voit très nettement, même sans le secours du microscope, et rien que par transparence se détacher sur le fond de la préparation; d'ordinaire irrégulièrement circulaire ou elliptique, quelquefois triangulaire, elle peut manquer partiellement (fig. 6); elle a généralement chez l'adulte une épaisseur de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{5}$ de millimètre : tantôt comme nous l'avons dit, elle est, rarement cependant, formée en totalité de tissu élastique, tantôt les fibres lisses y prédominent; nous avons déjà signalé pour expliquer leur présence, le tissu musculaire qui existe au voisinage de l'endothélium dans la veine ombilicale du nouveau-né, et Eberth dans Stricker a décrit également à ce vaisseau trois couches de muscles : une interne et une externe toutes les deux longitudinales, et une moyenne circulaire. Nous savons combien la structure des veines se modifie d'un sujet à l'autre : aussi ces variations individuelles ne doivent-elles pas nous surprendre.

Dans certains cas, les éléments musculaires paraissent se multiplier avec les progrès de l'âge, et empiètent ainsi sur le tissu conjonctif central qui diminue de diamètre; chez d'autres adultes au contraire, le bouchon central est resté aussi net et aussi volumineux que chez l'enfant.

La portion du cordon concentrique à l'anneau ne diffère également suivant les cas, que par la quantité de faisceaux musculaires longitudinaux et tranversaux qu'elle renferme.

Enfin, tout à fait à la périphérie, dans l'ancienne tunique adventice, cheminent un grand nombre de petits vaisseaux artériels et veineux dont les derniers sont en connexion avec le réseau central.

Ajoutons, pour terminer, que si nous n'avons pas rencontré de cas de perméabilité de la veine ombilicale nous admettons cependant, ainsi qu'on le verra dans le chapitre suivant, qu'elle peut exister, mais exceptionnellement et non pas à titre de fait commun et ordinaire.

Un point particulièrement intéressant qui mériterait une étude complète, c'est le mécanisme même de l'oblitération du vaisseau, le mode de formation et la provenance du bouchon obturateur.

II. — Des anastomoses de la veine ombilicale au niveau des parois de l'abdomen.

Ce point de l'histoire de la veine ombilicale se rattache intimement au sujet qui nous a occupé dans le chapitre précédent.

En effet, les auteurs qui ont prétendu que la veine ombilicale pouvait chez l'adulte servir de voie dérivative au sang du système porte, ont dû nécessairement admettre des communications entre ce vaisseau et les veines des parois abdominales, puisque sans l'existence de ces anastomoses la perméabilité de la veine ombilicale eût été inutile. Les partisans de cette opinion, s'appuyaient surtout sur quelques faits pathologiques, souvent mal étudiés, dans lesquels on a mentionné des ramifications unissant ce vaisseau soit à d'autres veines sous-péritonéales, soit à des veines sous-cutanées. Ils pouvaient également invoquer en leur faveur, les recherches déjà anciennes d'un anatomiste allemand, Burow, qui avait signalé comme un fait constant chez le nouveau-né, une communication normale entre l'ombilicale et l'épigastrique (Mullers *Archives* 1838, p. 44). Sa description mérite d'être reproduite. « Lorsque la veine épigastrique, dit-il, n'est pas encore arrivée à la hauteur de l'ombilic, elle donne un rameau qui se porte en dedans et qui se réunit avec un autre rameau naissant du côté opposé, pour former un tronc qui est étroitement accolé à la veine ombilicale dans tout son parcours intra-abdominal et s'abouche avec elle près de son entrée dans le foie. »

Par contre les anatomistes qui ne croyaient pas à la persistance de la perméabilité de l'ombilicale, étaient portés aussi à nier l'existence de toute branche anastomotique fournie par ce vaisseau à la paroi. C'est ainsi que Robin après avoir cité Bu-

row conclut de ses propres injections chez le nouveau-né, que « dans son trajet le long des parois abdominales et jusqu'au hile du foie, cette veine ne reçoit aucune branche des vaisseaux de la paroi abdominale et de l'intestin », que « hors du foie elle ne s'anastomose avec aucune veine. »

Cependant, si nous remontons aux premières périodes de la vie embryonnaire, nous trouvons que Coste dans son grand ouvrage où l'on puise toujours de précieux renseignements, a parfaitement décrit et figuré un réseau veineux qui des parois du ventre se rend dans l'ombilicale. Ainsi la planche V[a], figure A, nous montre un lambeau de cette paroi renversée sur lequel, comme nous l'apprend le texte explicatif « existent quelques vaisseaux dont les troncs se dirigent vers l'anneau ombilical. Ces vaisseaux sont les restes du riche appareil veineux transitoire, qui des parois abdominales sur lesquelles ils étaient répandus, se portent vers la veine ombilicale ou allantoïdienne droite dans laquelle ils pénètrent par une foule de troncs, placés les uns à côté des autres. Ils suivent la destinée de la veine qui les reçoit et s'éteignent complètement avec elle.

Le même réseau existe sur la paroi abdominale du côté gauche et se porte également vers la veine correspondante, mais il a une existence beaucoup plus éphémère que cette veine et il s'atrophie presque aussitôt que ceux du côté droit. »

Ce que nous devons surtout retenir de cette description de Coste, c'est l'existence d'un *riche* réseau vasculaire afférent à l'ombilicale, et très apparent jusque vers le quarantième jour. Mais est-il vrai qu'à partir de ce moment, il disparaisse complètement et qu'il n'en reste bientôt plus rien non seulement à droite mais encore à gauche, c'est-à-dire du côté de la veine ombilicale définitive. C'est ce que nous devons examiner à présent. On se dira peut-être que la persistance de ces rameaux n'a plus aucune importance, s'il est vrai, comme nous croyons l'avoir démontré que la veine ombilicale s'oblitère après la naissance. Cependant ce point d'embryogénie mérite d'être étudié en lui-même; car il prête à quelques rapprochements intéressants si l'on envisage la série des vertébrés, et de plus il trouve dans certains cas son application utile chez l'homme.

Si nous consultons sur cette question les auteurs plus modernes nous n'en trouvons pas qui s'en soit occupé, si ce n'est

Baumgarten, qui dans le mémoire déjà cité mentionne non seulement les vaisseaux décrits par son compatriote, mais plusieurs autres du même genre se perdant sur les parois abdominales et formant chez l'embryon un réseau sous-péritonéal qu'on rencontrerait encore chez l'adulte. Ajoutons encore, pour être complet, que dans l'anatomie de Henle (*Handbr der Gefässlehre Braunschweig* 1876, p. 409) au chapitre des anomalies veineuses rédigé par W. Krause, cet anatomiste s'en rapportant sans doute à l'opinion de Burow, parle de l'existence de ces veinules anastomotiques comme d'un fait constant chez le nouveau-né.

Voici maintenant ce que nos propres recherches nous ont appris. Nous avons pratiqué des injections sur 13 fœtus ou nouveau-nés en nous y prenant de la façon suivante : après avoir lié le cordon ombilical tout entier immédiatement en dehors de l'anneau, et sectionné la veine ombilicale au niveau de son embouchure dans la branche de la veine porte, nous pouvions facilement en laissant adhérer le vaisseau au lambeau de la paroi abdominale sur lequel il est appliqué (voir fig. 9) faire pénétrer la masse solidifiable par son extrémité hépatique. 7 fois sur 13 nous avons ainsi injecté un petit vaisseau qui partant de la veine ombilicale allait se perdre dans le tissu cellulaire sous-péritonéal de la paroi. Nos 13 cas comprennent 2 fœtus, l'un de 6 mois, l'autre de 8, 5 nouveau-nés à terme, 2 nouveau-nés âgés de 8 jours, 2 de 10 et 2 de 12 jours.

La figure 9 représente cette veinule sous son aspect le plus habituel. Elle naît à peu près à 1 centimètre $\frac{1}{2}$ de l'anneau ombilical et chemine parallèlement au tronc d'origine pour s'anastomoser au voisinage de l'anneau avec deux petites ramifications ascendantes venant de l'épigastrique et recouvertes comme elle-même par la séreuse péritonéale.

Un vaisseau du même genre se trouvait chez les 2 fœtus et chez 5 nouveau-nés dont 2 à terme, 1 de 8 jours, 1 de 10 et 1 de 12 jours.

Cinq fois la petite veinule était unique, naissait à peu près au même niveau et suivait le même trajet que celle que nous avons figurée. Chez le fœtus de 8 jours il en existait deux pareilles l'une au-dessous de l'autre et toujours du même côté, c'est-à-dire à gauche. Une autre fois, chez le fœtus de 10 jours, deux petits vaisseaux prenaient naissance au même point que d'habitude

mais tandis que l'un descendait comme d'ordinaire vers l'ombilic, l'autre se perdait en haut et en arrière dans le ligament suspenseur. Nous ferons remarquer aussi en passant la facilité avec laquelle se laissait injecter la veine ombilicale des enfants de 10 à 12 jours.

Si nous résumons les faits précédents nous voyons que les restes du réseau veineux afférent à l'ombilicale, persistent seulement 5 fois sur 11 en ne tenant compte que des nouveau-nés à terme; en outre il est réduit à des débris de peu d'importance puisqu'il n'est plus représenté dans la généralité des cas que par un seul petit vaisseau d'un faible calibre si on le compare au tronc d'origine. Nos observations sur ce point concordent donc avec celles de Burow, mais elles nous ont montré aussi contrairement aux siennes, que la persistance de cette veinule est loin d'être la règle; nous ne pensons pas non plus que son dessin soit conforme à la disposition normale (1).

Que devient ce vaisseau après la naissance dans le cas où il subsiste encore? Puisque le tronc dans lequel il va se jeter s'oblitère, il ne paraît pas douteux qu'il ne partage le même sort. On pourrait supposer que la veinule continuant par ses anastomoses à recevoir du sang même quand l'ombilicale est oblitérée deviendra le point de départ du réseau centro-ombilical que nous avons décrit; ce qui nous empêche d'aceepter cette hypothèse c'est que nous avons vu ce dernier se former pour ainsi dire de toutes pièces au centre de la veine devenue imperméable.

Quoiqu'il en soit de ce point, nous avons voulu surtout attirer l'attention sur une disposition anatomique transitoire chez les vertébrés supérieurs, permanente au contraire chez les reptiles et les amphibiens et qui peut servir à expliquer certaines anomalies signalées chez l'homme.

Rappelons en effet que chez les amphibiens on trouve une veine, la veine abdominale antérieure que tous ses caractères rapprochent de la veine ombilicale; elle reçoit les vaisseaux de la vessie urinaire, c'est-à-dire d'un organe qui au point de vue

(1) Sur ce dessin on voit petit tronc qui des veines épigastriques se porte à l'ombilicale, mais qui de plus reçoit un petit vaisseau parcourant toute la ligne blanche et provenant du plexus vésical : c'est déjà là une anomalie qui se rapproche de celle que nous aurons à citer plus loin.

morphologique est l'analogue de la vésicule allantoïde, et elle se compose également à l'origine de deux branches dont la droite s'atrophie (Balfour). Or chez l'adulte elle s'unit en avant aux vaisseaux du foie et en arrière aux veines iliaques, de sorte qu'elle établit ainsi une communication entre le système porte hépatique et le système veineux général.

Chez les reptiles apparaissent les veines allantoïdiennes proprement dites; l'une d'elles, quelquefois toutes les deux (Gegenbaur), persistent chez l'animal adulte, au moins dans leur extrémité terminale qui se résout en capillaires dans le foie; c'est alors la veine allantoïdienne qui reçoit les veines abdominales ou épigastriques et par l'intermédiaire de ces derniers, unit le système porte aux vaisseaux cruraux.

Ce qui distingue sous ce rapport le système veineux des animaux supérieurs, c'est que chez eux, comme nous l'avons établi en particulier pour l'homme dans la première partie de ce travail, le rôle des veines allantoïdiennes est terminé à la naissance; de plus, le réseau vasculaire qui de la paroi abdominale va se jeter dans cette veine, disparaît également en totalité soit déjà pendant la vie intra-utérine, soit chez le nouveau-né au moment de l'oblitération de la de la veine ombilicale; c'est ainsi que chez l'adulte le système porte se sépare à peu près complètement du système veineux général (1).

Cependant il est bon de faire remarquer au point de vue de la phyllogénie, que les veines abdominales des batraciens et des reptiles sont encore représentées chez les amniotes supérieurs par cet ensemble de petits vaisseaux afférant à la veine allantoïdienne si richement développé dans la première période de la vie embryonnaire, et signalé chez l'homme et les mammifères par Coste et Rathke, chez le poulet par Balfour, et surtout il ne faut pas oublier qu'on peut encore retrouver quelques débris de ce réseau chez l'enfant nouveau-né.

Ces notions d'embryogénie vont nous donner la clef de diverses anomalies signalées par les auteurs, surtout par les pa-

(1) L'isolement est encore plus complet chez les mammifères que chez les oiseaux; chez ceux-ci il existe en effet une branche anastomotique considérable entre la veine hypogastrique et caudale et la veine porte, et appelée la veine coccygéo-mésentérique; elle a son analogie chez l'homme dans l'anastomose très réduite, établie par les hémorrhoïdales au niveau de l'anus.

thologistes. Supposons en effet que contrairement à la règle, les anastomoses établies entre la veine ombilicale et les veines abdominales se maintiennent encore très nombreuses au moment de la naissance, la circulation continuera dans tout le système et le tronc de l'ombilicale lui-même pourra exceptionnellement rester perméable. Les principaux faits de ce genre ont été recueillis par Robin, W. Krause, et par nous-même dans notre thèse d'agrégation.

Résumons-les en quelques mots : le cas le plus curieux est celui de Monro qui aurait vu une veine ombilicale large d'un doigt à son embouchure dans la veine porte, se diviser en deux branches qui avaient chacune les dimensions d'une veine ombilicale de nouveau-né et qui se dirigeait vers l'ombilic pour s'unir par l'intermédiaire des veines épigastriques aux veines iliaques droite et gauche. Ce serait la persistance d'un état tout à fait primitif, du stade où les deux veines allantoïdiennes existent encore.

Le plus ordinairement c'est une veine ombilicale unique, restée perméable qui se comporte ainsi, c'est-à-dire qu'au niveau de l'anneau ombilical, elle s'anastomose avec les branches dilatées de l'épigastrique (Krause, Cruveilhier) ou même avec les veines sous-cutanées (Pégot).

Quelquefois enfin l'anomalie se présente sous un aspect plus particulier, la veine ombilicale perméable dans toute son étendue (Ménière, Klob) ou dans son tiers supérieur seulement (Manec) se continue auec une grosse veine du volume de l'index qui en définitive aboutit soit à la veine iliaque droite (Minière, Manec), soit à la veine iliaque gauche (Klob).

Dans tous ces cas, la veine ombilicale a été exceptionnellement utilisée dans sa portion intra-abdominale pour faire communiquer la veine porte avec le système veineux général, grâce au réseau vasculaire de la paroi ventrale qui s'est lui-même développé avec les progrès de l'âge, et cette anomalie qui trouve son explication dans les données embryologiques, rappelle ainsi chez l'homme une disposition normale et constante chez les vertébrés inférieurs. Ce rapprochement n'a pas échappé à Burow, qui a comparé la veine qu'il a décrite au vaisseau des batraciens désigné par Carus sous le nom de veine abdominale antérieure, ni à Ménière qui a rappelé l'analogie de la veine qu'il a

rencontrée avec la veine épigastrique des reptiles signalée par Jacobson.

Dans les faits de ce genre, il sera bon de s'assurer à l'avenir par l'examen microscopique de ce qu'est devenue la veine ombilicale elle-même; quelques-uns d'entre eux ne sont pas accompagnés de détails suffisants pour entraîner la conviction, peut-être a-t-on eu à faire quelquefois à la dilatation d'une veine porte accessoire, telle qu'elle s'est présentée dans les cinq cas de cirrhose étudiés par M. Sappey. Cependant la persistance d'un état fœtal n'a rien qui doive nous surprendre, et la perméabilité de la veine ombilicale doit pouvoir se rencontrer exceptionnellement, de même qu'on retrouve encore quelquefois chez l'adulte d'autres veines qui, normalement n'ont qu'une durée éphémère et limitée à certaines périodes de la vie intra-utérine.

Mais si nous l'admettons sur la foi des auteurs, ce n'est d'après nos observations qu'à titre de très rare anomalie. Nous pouvons même nous rendre compte jusqu'à un certain point de la rareté des faits de ce genre : car nous venons de voir que dans les conditions habituelles, les vaisseaux anastomotiques qui peuvent seuls, après la naissance entretenir la circulation dans la veine ombilicale et en maintenir ainsi la perméabilité sont réduits à des vestiges insignifiants dont l'existence même est loin d'être constante, et dont la lumière disparaît bientôt avec celle du tronc d'origine.

Conclusions.

1° La présence d'un canal plein de sang au centre de la veine ombilicale de l'adulte est incontestable, bien que le fait ne soit pas constant;

2° Il n'en est pas moins vrai que la veine omblicale s'est oblitérée peu après la naissance, et l'orifice qu'on y rencontre appartient à une veinule de nouvelle formation;

3° En effet, le centre de la veine est obturé par un bouchon lumineux qui se vascularise après l'oblitération;

4° L'une des veinules nouvellement formées se place exactement au centre du cordon veineux, offre ordinairement chez l'adulte un diamètre de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{5}$ de millimètre, et simule dans cette situation la lumière de la veine ombilicale primitive;

5° Tout le réseau vasculaire qui s'est développé après l'oblitération forme un petit groupe de veinules portes accessoires dont le petit vaisseau central représente la voie efférente; celui-ci va se jeter dans la branche gauche de la veine porte soit directement, soit par l'intermédiaire du bout resté perméable de l'ancienne veine ombilicale;

6° Cette veinule centrale qui se dilate dans les cas d'obstruction de la veine porte, peut être désignée sous le nom de veine centro-ombilicale par opposition à celle qu'on appelle quelquefois la veine adombilicale et qui a été prise également avant M. Sappey pour la veine ombilicale elle-même;

7° Chez le nouveau-né le riche réseau vasculaire qui, chez l'embryon se portait de la paroi abdominale au tronc de la veine ombilicale, ou bien a totalement disparu, ou bien n'est plus représenté d'ordinaire que par un vaisseau unique : néanmoins la persistance de ces restes, homologues des veines abdominales des batraciens et des reptiles, peut expliquer certaines anomalies observées chez l'homme.

EXPLICATION DES PLANCHES I ET II.

Sur nos deux planches toutes les figures, sauf la figure 9, représentent des coupes transversales du cordon de la veine ombilicale, totales ou partielles dans lesquelles :

v, indique la veinule centrale;

b, le bouchon lamineux où elle est plongée;

a, l'anneau musculo-élastique qui circonscrit ce dernier et qui répond à l'ancienne tunique sous-endothéliale de la veine ombilicale du nouveau-né.

Les détails relatifs à la structure de toute la portion du cordon située en dehors de cet anneau ont été omis.

Fig. 1. — Adulte (supplicié) de 19 ans. Coupe faite à 9 centimètres du bout hépatique du cordon veineux. Gr. $\frac{18}{1}$.

Fig. 2. — Centre de la coupe précédente au gr. $\frac{100}{1}$, la veinule centrale *v* est complètement isolée de l'anneau *a* par la couche de tissu lamineux *b*.

Fig. 3. — Enfant de 5 mois. Coupe faite au milieu de la longueur du cordon à 2 centimètres du bout hépatique : pas d'orifice central. Gr. $\frac{20}{1}$.

Fig. 4. — Le même cordon veineux que dans la figure 3, mais la coupe a été faite au niveau de son moignon périphérique, à 4 centimètres du bout hépatique : au centre du bouchon *b*, on voit une veinule vers laquelle rayonnent de nombreuses ramifications. On remarque aussi

l'aspect hyalin de l'anneau *a*, qui est exclusivement élastique au contact immédiat du bouchon central. Gr. $\frac{40}{1}$.

Fig. 5 — Portion centrale du cordon veineux d'un sujet de 19 ans, mort de cirrhose : la figure représente un point (9 cent. du foie) où il existait 2 vaisseaux centraux *vv*; à peu près d'égale dimension :

v' v' orifices de veinules plus petites qui viennent s'aboucher dans ces derniers : les fibres musculaires s'avancent ici jusqu'au voisinage immédiat des veines centrales.

Fig. 6. — Enfant de 8 mois. Coupe faite au milieu de la longueur du cordon veineux. Gr. $\frac{20}{1}$.

Fig. 7. — Enfant de 19 mois. Coupe faite au milieu de la longueur du cordon : *vv*, 3 vaisseaux centraux encore remplis de mercure, *v' v'* veinules de l'ancienne tunique adventice également injectées. Gr. $\frac{20}{1}$.

Fig. 8. — Portion centrale du cordon veineux d'un sujet de 40 ans mort de cirrhose, coupe faite à 6 centimètres du bout hépatique, *v*, veine centrale et autour d'elle *v'v'* orifices de petits vaisseaux qui vont s'y ouvrir : comme dans la figure 5, les fibres musculaires ont envahi le tissu lamineux central. Gr. $\frac{20}{1}$.

Fig. 9. — Lambeau de paroi abdominale sur laquelle on voit :

aa, les artères ombilicales;

vo, la veine ombilicale;

va, un vaisseau anastomotique qui se subdivise au niveau de l'anneau ombilical pour s'unir à deux ramifications *e* de la veine épigastrique.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR

L'ACTION PHYSIOLOGIQUE DU TANGUIN DE MADAGASCAR

Par Ch.-E. QUINQUAUD

Dans ce travail, nous avons voulu mettre en évidence certains symptômes déterminés par l'extrait de Tanguin, et étudier sa manière d'agir sur l'organisme vivant.

Qu'il me soit permis tout d'abord de remercier M. Joannes Chatin qui a bien voulu me fournir des fruits de Tanguin.

Les tentatives de toxicologie expérimentale sur ce poison ne sont pas bien nombreuses.

Henry et *Ollivier* le rangent parmi les narcotico-âcres (sur le Tanguin, *Journal de Pharmacie*, t. X, p. 49, 1824).

Virey (Journal de Pharmacie, 1822), donne sur le Tanguin les renseignements suivants :

« On emploie le fruit comme épreuve judiciaire sur des individus accusés de crimes non prouvés. Si la mort est la suite de l'ingestion, on en conclut que l'accusé était coupable ; s'il parvient à en rejeter la plus grande partie, il peut échapper à la mort et on le tient alors pour justifié de tout. »

Le breuvage est un liquide aromatique (suc de feuilles de longouse ou grand Cardemone de Madagascar) dans lequel on met la semence râpée du Tanguin. Cette substance sert d'instrument à la justice, d'autres fois elle devient l'arme du crime.

Les noirs, esclaves madécasses à Maurice, parviennent facilement à se procurer du Tanguin, par le moyen d'autres noirs, de même caste, employés comme matelots sur les navires qui font le voyage de cette colonie à Madagascar, et les exemples d'empoisonnement, tant à Maurice qu'à l'île Bourbon, sont malheureusement très fréquents ; jusqu'à présent aucune victime, à qui ce poison a été administré, n'a échappé.

C'est l'amande du fruit que les Madécasses emploient pour donner la mort. L'analyse faite par Henry fils, pharmacien aide à la Pharmacie centrale des Hôpitaux, dit que l'amande seule de

ce fruit contient le principe actif, que cette matière cristallisée paraît surtout posséder les propriétés délétères de ce végétal, et que la matière brune a moins d'action sur l'économie animale, mais n'en est pas privée entièrement.

Cette substance cristallisée, dit-il, appliquée sur la langue en très petite quantité produit d'abord une saveur amère, à laquelle succède au bout de quelques instants une chaleur considérable et une sorte de constriction de l'arrière-bouche, assez analogue à la constriction que cause la racine de pyrèthre. En ayant mis sur la langue, j'éprouvais, dit-il, dans la bouche et dans l'arrière-bouche, un engourdissement qui persista deux heures et qui anéantit pendant deux heures la sensibilité de l'organe du goût.

Chez des animaux, Ollivier a déterminé des accidents très graves suivis de mort. »

Kolliker et *Pélican* (Some Remarks on the physiological action of the Tanghinia venenifera (Proced of the Royal Society, 1858, t. IX, p. 173), reprirent la question. Ils opérèrent sur des feuilles et des rameaux desséchés qui leur avaient été donnés par le comte Seyderitz de Mecklembourg et reconnurent l'action sur les muscles et sur les nerfs.

En 1873, *M. Joannès Chatin*, dans une très bonne thèse, fit connaître ses recherches pour servir à l'histoire botanique, chimique et physiologique du Tanguin de Madagascar.

Il rapporte deux expériences d'Ollivier faites sur le cochon d'Inde : dans la première, l'expérimentateur introduisit dans l'estomac un centigramme de matière blanche cristalline dissoute dans l'alcool très faible ; la mort survint au bout de sept heures sans donner lieu au narcotisme, mais en déterminant des symptômes d'irritation. La même dose introduite dans le tissu cellulaire sous-cutané d'un lapin ne produisit aucun effet.

Dans une seconde expérience, Ollivier introduisit dans l'estomac d'un cobage 0,15 gr. de tanguine (matière brune), dissoute dans l'eau ; 5 minutes après assoupissement, l'animal dormait debout.

Ollivier conclut que les propriétés toxiques étaient dues à la matière blanche cristallisée et que le narcotisme était produit par la tanguine.

Ces expérences trop peu multipliées sont bien incomplètes et peu démonstratives.

Pour M. J. Chatin (p. 39). le Tanguin tue en arrêtant les mouvements du cœur et en détruisant l'irritabilité musculaire. Plus loin, p. 42, il ajoute : « le Tanguin produit les mêmes effets lorsqu'on le place sous la peau ou lorsqu'on l'introduit dans le tube digestif ; l'absorption agit seulement moins vite dans ce dernier cas. La mort est amenée par la paralysie du cœur. »

Enfin l'auteur (p. 44) cite parmi les principaux symptômes de l'empoisonnement : 1° la dyspnée considérable, 2° l'inquiétude, 3° l'état nauséeux, les vomissements, 4° l'affaiblissement progressif; 5° l'absence de convulsions et de cris.

Nos expériences confirment un certain nombre des faits relatés par nos éminents prédécesseurs, elles en rectifient plusieurs et en font connaître de nouveaux. Nous étudierons spécialement les faits contradictoires et les faits nouveaux.

La préparation que nous avons employée dans nos recherches est l'extrait aqueux des amandes de Tanghinia venenifera ; nous l'avons souvent mélangé avec l'extrait alcoolique non dissous dans l'alcool de telle sorte que la solution aqueuse était imparfaite, ce qui explique les doses un peu fortes notées dans notre travail : nons avons voulu avant tout ne pas introduire d'alcool dans l'organisme des animaux mis en expérience.

I. — Évolution chronologique des divers symptomes.

Première période (Phénomènes du début).

Parmi les nombreuses préoccupations d'un physiologiste étudiant un agent toxique, il en est plusieurs qui doivent être toujours présentes à son esprit : il faut varier les doses et noter avec grand soin les effets produits suivant la quantité donnée; de plus, il est indispensable de suivre *l'évolution des symptômes*, c'est-à-dire noter le rapport des signes dans le temps à partir du début jusqu'à la fin de l'empoisonnement; on doit également être tout à fait familiarisé avec l'organisation anatomique et physiologique de l'animal sur lequel on expérimente. Ce sont là des considérations élémentaires dont l'oubli a cependant plus d'une fois conduit à l'erreur.

Quand on intoxique l'animal avec des doses de Tanguin moyennes, mais surtout faibles, on provoque de l'excitation dont la durée est variable comme on peut le voir dans les expériences suivantes.

EXPÉRIENCE I. — Injection sous-cutanée de 0,12cg de Tanguin. — Agitation pendant un quart-d'heure environ. — Abolition des mouvements volontaires une demi-heure après le début, arrêt de la respiration une heure après, perte de l'irritabilité neuro-musculaire.

A 11h 5, on injecte sous la peau du dos d'une grenouille 0,12cg de Tanguin. Pendant un quart-d'heure elle s'agite beaucoup, les battements du cœur deviennent plus fréquents; 25 minutes après, elle reste immobile si on l'excite; ses pattes postérieures étendues ne se fléchissent plus, la tête soulevée au-dessus du plan de la table et abandonnée à elle-même retombe : à ce moment les muscles sont le siège de quelques contractions. Une demi-heure après l'injection, les mouvements respiratoires sont abolis; placée sur le dos, la grenouille ne se relève plus; 50 minutes après, le cœur se contracte encore faiblement, le nerf n'est plus excitable, le muscle l'est encore (phénomène curarique). Une heure après, ni les nerfs, ni les muscles ne sont excitables (le phénomène curarique a disparu).

Chez cette grenouille, l'un des premiers effets de l'injection du Tanguin a été de provoquer de l'excitation avec accélération des battements cardiaques, puis on a noté l'arrêt de la respiration et l'affaiblissement cardiaque enfin la perte de l'irritabilité neuro-musculaire, l'irritabilité de nerf cessant un peu avant celle du muscle, mais ce sont là des phénomènes lents à se produire.

EXPÉRIENCE II. — Injection sous-cutanée de 0,12cg de Tanguin. — Au début accélération des mouvements respiratoires, puis arrêt de la respiration. — Phénomènes convulsifs toniques et cloniques. Arrêt du cœur. — Phénomène curarique tardif.

Le 10 juin à 3 heures 32 m., on injecte sous la peau du dos d'une grosse grenouille 0,12cg d'extrait de Tanguin; les 5 à 6 minutes qui suivent l'injection, la respiration est régulière et accélérée, les battements cardiaques augmentent de fréquence. 15 minutes après, les mouvements abdominaux ont cessé. — Au même moment la grenouille est flasque et n'exécute plus de contractions volontaires. 20 minutes après, en laissant tomber la grenouille sur la table, elle est prise de convulsions toniques et cloniques généralisées et violentes, qui persistent pendant quelques minutes et sont suivies de résolution musculaire, d'ailleurs *l'excitabilité neuro-musculaire est bien conservée.* 28 minutes après, le cœur est ralenti, presqu'arrêté. 39 minutes après le nerf n'est plus excitable, le muscle l'est encore : c'est là le phénomène curarique secondaire et tardif.

Le Tanguin porte donc son action sur la respiration et sur la circulation, les mouvements respiratoires cessant avant les battements du cœur. Le phénomène curarique, c'est-à-dire la perte de l'irritabilité du nerf avant celle du muscle, est un symptôme secondaire et accessoire.

L'accélération et souvent une plus grande amplitude graphique des mouvements respiratoires s'observent très nettement chez le rat et chez le chien avec des doses faibles. Ces deux phénomènes peuvent être dissociés; l'accélération peut coïncider avec la diminution, l'égalité ou l'augmentation de l'amplitude, l'accroissement de l'amplitude peut exister seule avec égalité de fréquence.

Voici des expériences qui prouvent la réalité de ces faits :

Expérience III. — Injection sous-cutanée de 0,25 ^{cg} de Tanguin à un rat blanc. — Symptômes prédominants : affaiblissements des mouvements volontaires. — Accélération de la respiration pendant toute la durée de l'intoxication. — Phénomènes convulsifs. — Survie de l'animal.

De 2 heures 45 m. à 3 h. 25 m., on injecte sous la peau d'un rat blanc 0,25 ^{cg} d'extrait de Tanguin. 10 minutes après l'animal se contracte avec moins de vigueur; il reste là où on le dépose en agitant la tête; la respiration s'est accélérée. Une heure après la respiration est très accélérée. 80 R. par minute; une heure et quart après, frissonnements convulsifs revenant par accès; excité le rat exécute quelques mouvements, puis reste immobile. Une heure 20 après sous nos yeux, l'animal tombe sur le côté, en proie à des convulsions cloniques, qui persistent pendant une heure 45.

Dans la soirée, les convulsions cessent puis reparaissent pendant deux jours. L'animal revient ensuite à l'état physiologique.

Au début nous voyons encore la respiration augmenter de fréquence; bientôt éclatent les phénomènes convulsifs d'une grande intensité, néanmoins la guérison est survenue.

Expérience IV. — Injection sous-cutanée d'extrait de Tanguin. — Tracé pneumographique de la respiration. — Analyse des gaz du sang. — Dosage de Co^2 de la respiration. — Pression artérielle.

Le 2 juillet, on intoxique un chien de 14^k,500. Sa pression artérielle normale est de 15 centim. 7 millim.

Gaz du sang. — 20^{cc} de sang artériel donnent 8^{cc},3 Co^2 et 4^{cc},7 ox. Co^2 exhalé par les poumons : — 25 litres d'air expirés en 4' contiennent 1^{gr},10 Co^2. Pouls 60. Resp. 14.

A 10 heures 45 m. on fait une injection sous-cutanée de 1^{gr},50 d'extrait de Tanguin en solution aqueuse au 1/5.

25 minutes après, P. 64, R. 20. La pression artérielle est augmentée, elle est de 18 centim. 3 millim.

30 minutes après, gaz contenus dans 20^{cc} de sang, 6^{cc},7 Co^2; 4^{cc},7 ox. Co^2 exhalé, 25 litres d'air expirés en 4 minutes 35 secondes donnent 0^{gr},87 Co^2.

Au début le graphique de la respiration acquiert plus d'amplitude, et la pression artérielle est augmentée.

L'animal succombe vers midi.

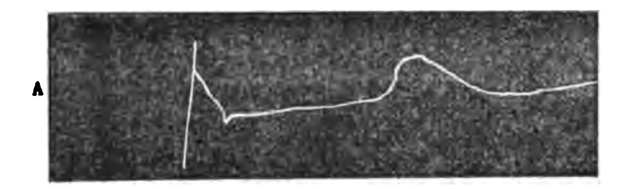


Fig. 1. — A. Tracé pneumographique normal pris au niveau de la région moyenne du thorax avant l'injection.

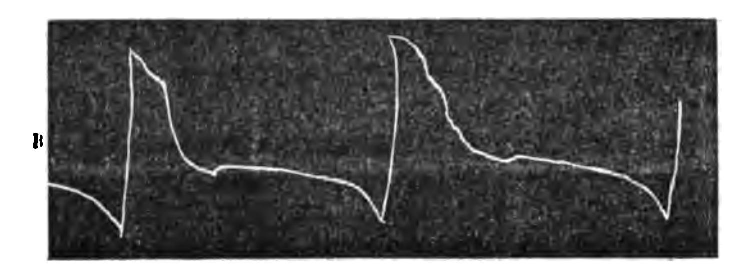


Fig. 2. — B. Tracé pneumographique sept minutes après l'injection d'extrait de Tanguin.

En comparant ces deux tracés, on voit que l'amplitude des mouvements respiratoires s'est accrue, bien que le degré de fréquence reste le même.

Chez le chien la première phase est plus mouvementée, la respiration s'accélère, devient bruyante, le sympathique est excité, on note des nausées parfois excessives, des vomissements, de la diarrhée, voir même du tenesme rectal ; les mouvements volontaires s'affaiblissent, le chien s'affaisse, se relève, titube et finit par ne plus pouvoir se tenir debout.

Voici une expérience qui montre tous ces symptômes :

Expérience V du 2 juin. — Accélération de la respiration. — Nausées, vomissements. — Tenesme rectal. — Affaiblissement musculaire. — Convulsions tétaniques. — Mort.

A 4 heures 50 m., on injecte 1gr,40 d'extrait de Tanguin sous la peau d'un chien pesant 8k,900 : on laisse l'animal en liberté. 14 minutes après l'injection, excrétion de matières fécales. 15 minutes après, nausées et vomissements alimentaires. 18 minutes après, l'animal se tient debout, haletant. 19 minutes après, marche assez bien. 20 minutes après, vomissement. 22 minutes après, défécation, diarrhée, un peu de ténesme rectal. 25 minutes après, la respiration est difficile. 100 inspirations par minute, le tenesme continue.

30 minutes après, respiration forte, bruyante. 34 inspirations, l'animal se couche sur les côtés. 33 minutes après, le chien se tient debout, a des vomissements muqueux. 37 minutes après, il oscille sur ses pattes, se couche volontiers sur le train postérieur, plaintes, respiration difficile. 38 minutes après, décubitus latéral, nausées, titubation. 40 minutes après, se tient à peine debout, retombe immédiatement couché. 41 minutes après, convulsions légères dans les pattes antérieures, nausées. 42 minutes après, le chien est chancelant, retombe latéralement, s'agite, puis retombe; il éprouve des sortes d'accès d'agitation, pupilles petites, procidence de la muqueuse rectale. 47 minutes après, TR.39°6-R-20. 49 minutes après, ne peut plus se tenir sur ses pattes, nausées, convulsions et roideur tétanique. Mort 52 minutes après le début de l'intoxication.

La durée de cette période est d'autant plus courte que la quantité de poison injectée a été plus forte.

Deuxième période.

(Période convulsive et de résolution musculaire.)

Action sur l'irritabilité neuro-musculaire.

a. A mesure que l'intoxication s'accentue on constate que le Tanguin porte primitivement son action sur le système neuro-moteur : l'animal s'affaisse, tombe dans une sorte de résolution des muscles, les mouvements volontaires diminuent ou cessent. Ce fait est très évident chez les batraciens.

Expérience VI. — A 5 heures 24 m., on injecte cinq centigrammes d'extrait de Tanguin sous la peau du dos d'une grenouille très vivace. 3 minutes après, elle est très agile et exécute des mouvements volontaires. 9 minutes après, la tête au lieu de rester élevée au-dessus du plan de la table, s'affaisse et tombe; l'animal reste inerte, les pattes postérieures étendues gardent cette situation; le choc des membres postérieurs sur la table leur fait éprouver quelques contractions fibrillaires, l'irritabilité neuro-musculaire est intacte. 11 minutes après, la grenouille renversée sur le dos ne peut plus se retourner sur l'abdomen, les mouvements respiratoires ont cessé. 12 minutes après, si l'on pince les pattes antérieures, on voit survenir des mouvements reflexes, mêmes violents dans les pattes postérieures. 15 minutes après, les membres excités deviennent le siège de petites secousses convulsives qui sont très nettes 24 minutes après le début. 41 minutes après, le nerf n'est plus excitable, le muscle l'est à peine, les battements du cœur ont cessé.

Dans ce cas, il est bien évident que le Tanguin agit d'abord sur le système neuro-moteur en produisant une diminution, presqu'une cessation des mouvements volontaires, sans altérer l'irritabilité neuro-musculaire; l'exagération de la *réflectivité*,

qui peut aller jusqu'aux convulsions, plaide encore en faveur de l'action sur les centres; bientôt la respiration cesse, à ce moment les nerfs et les muscles sont encore excitables. Ce n'est que 40 minutes après le début de l'injection que l'irritabilité nerveuse s'est éteinte un peu avant l'irritabilité musculaire.

Voici une autre expérience qui démontre le même fait :

Expérience VII. — A 3 heures 26 m., injection de six centigrammes de Tanguin sous la peau du dos d'une grenouille. 9 minutes après, elle se débat retire ses pattes quand on les étend; les mouvements respiratoires sont conservés. 14 minutes après, les mouvements des flancs et de l'appareil hyoïdien ont diminué d'intensité. 17 minutes après, on aperçoit des mouvements spasmodiques fibrillaires dans les muscles latéraux du tronc. 19 minutes après, début d'affaissement, les pattes postérieures restent traînantes quand on les étend. 21 minutes après, affaiblissement, la grenouille est flasque; néanmoins quand on lui pique une patte, elle exécute des mouvements très nets; l'excitabilité neuro-musculaire est conservée. 35 minutes après, la respiration cesse, le nerf étant encore excitable. 49 minutes après, l'excitabilité du nerf a disparu, tandis que celle du muscle persiste encore. 55 minutes après, le cœur se contracte, mais très faiblement.

Ici encore nous voyons diminuer, puis cesser les mouvements respiratoires et les mouvements volontaires; ce phénomène s'accompagne de flaccidité des membres; à ce moment, la résolution musculaire étant très forte, l'excitabilité neuro-musculaire est très nette; enfin, 49 minutes après l'injection, le nerf a perdu son excitabilité tandis que le muscle l'a conservée. C'est là un phénomène curarique secondaire que l'on observe souvent en toxicologie.

Nous venons de constater qu'à une première phase d'excitation, succède une deuxième phase de *résolution musculaire*, qui peut être marquée par des phénomènes spasmodiques. A l'excitation du début succède chez les batraciens un état particulier avec flaccidité musculaire coïncidant avec une exagération de la réflectivité bulbo-spinale. Ainsi, ce qui domine au milieu de la diminution et même de la cessation des mouvements volontaires, ce sont les troubles d'hyperexcitabilité neuro-musculaire, se traduisant par des troubles épileptiformes ou tétaniformes suivant la dose de Tanguin ou suivant l'état des animaux. Les phénomènes convulsifs sont très apparents chez les batraciens, il suffit d'exciter l'animal en le laissant tomber sur l'assiette qui le contient pour voir immédiatement se produire des

convulsions plus ou moins intenses avec secousses : tantôt ce sont de simples trémulations qui cessent rapidement, tantôt ce sont des attaques, en général éphémères. Ces convulsions sont analogues à celles que provoque la strychnine; néanmoins les symptômes de l'empoisonnement par le Tanguin ne sont pas les mêmes que ceux de l'intoxication strychnique.

Voici des expériences qui montrent l'état de flaccidité alternant avec des phénomènes convulsifs :

Expérience VIII. — Sur une grenouille pesant 25 gr., injection de 0,08cg de Tanguin. — Secousses convulsives.

A 11 heures 16 m., on injecte sous la peau du dos, 0,08cg d'extrait de Tanguin. A 11 h. 21 m., la respiration s'accélère, devient plus active. A 23 minutes, le saut est un peu moins vif. A 26 minutes, les mouvements des membres postérieurs sont plus lents. A 28 minutes, la respiration ne se fait presque plus : la grenouille, mise sur le dos, ne peut pas se relever, les *membres postérieurs sont flasques*. A 32 minutes, quand on laisse tomber l'animal, les membres postérieurs sont agités de petites secousses; le fait est très net à 11 h. 37 m. A 41 minutes, on ne détermine plus de mouvements. A 48 minutes, l'excitation du nerf sciatique provoque des contractions musculaires. A 51 minutes, le cœur bat plus lentement, plus faiblement, avec des arrêts. A 11 h. 54 minutes, cessation des battements cardiaques.

Expérience IX. — Injection sous-cutanée de 0,12cg d'extrait de Tanguin. — Convulsions épileptiformes. — Arrêt du cœur.

A 3 heures 38 m., on injecte 0,12cg de Tanguin sous la peau du dos d'une grenouille vigoureuse. Après 5 à 6 minutes, l'animal n'exécute plus de mouvements volontaires et reste flasque. 12 minutes après, on voit apparaître des convulsions qui se produisent par accès très nets; dans l'intervalle on constate de la résolution musculaire. Quelques minutes plus tard, le cœur s'arrête en systole.

Cette expérience prouve qu'en augmentant la dose, les convulsions deviennent très manifestes, et se montrent sous forme d'accès épileptiformes. On voit encore que l'arrêt du cœur survient plus tôt si l'on donne des doses plus fortes.

Expérience X. — Injection sous-cutanée de 0,25cg d'extrait de Tanguin. — Exagération des reflexes huit minutes après le début de l'injection. — Phénomènes épileptiformes.

A 11 heures 12 m., on injecte à une grosse grenouille, 0,25cg d'extrait mixte de Tanguin sous la peau de la patte postérieure droite. 8 minutes après, les reflexes commencent à s'exagérer. 14 minutes après, l'irritation de la peau provoque de légères convulsions. 43 minutes après, on voit éclater des convulsions cloniques et toniques, la contractibilité électro-musculaire est conservée. Le cœur s'arrête 50 minutes après le début de l'injection.

On remarque qu'avec une dose un peu forte les convulsions deviennent violentes. Ces doses, qui paraissent énormes, ne le sont cependant pas: en effet, ces extraits hydro-alcooliques, laissent des substances insolubles puisqu'ils sont seulement dilués dans l'eau afin d'éviter l'introduction d'alcool dans l'organisme.

Force musculaire.

b. Chez le chien et le cobaye, l'arrêt respiratoire est suivi de la cessation des battements du cœur. A cette phase, la force musculaire, évaluée à l'aide du dynamomètre, en excitant le nerf, est la même qu'avant l'intoxication; l'irritabilité des nerfs et des muscles semble donc la même. Dans ces conditions, partant *la cause de la mort ne saurait dépendre de la perte de l'irritabilité neuro-musculaire.*

Voici des faits qui démontrent la persistance de la force musculaire au moment de la mort.

Expérience XI. — Le 23 mai, à 9 heures 35 m., on sectionne le nerf sciatique droit d'un chien pesant 12 kilogr. 200: puis on mesure la puissance musculaire par la méthode que nous avons décrite pour la première fois dans notre travail fait en commun avec M. Gréhant, sur l'urée poison (*Journal de l'Anatomie et de la Physiologie,* sept.-oct. 1884). En excitant le nerf, nous notons comme force musculaire: première excitation, 12 kil., deuxième, troisième, quatrième et cinquième, 11 kil.

La force musculaire, en excitant le muscle seul, est de 1 kil. 1/2 à 2 kil., notons que l'évaluation de cette force était difficile à apprécier dans le cas présent à cause des contractions volontaires qui se produisaient en même temps.

A 9 heures 33 m., on injecte sous la peau 1 gr. 50 d'extrait de Tanguin, pendant quelques minutes le chien aboie, puis il se calme, on note 42 mouvements respiratoires par minute; 5 minutes après, la respiration est saccadée avec quelques rares secousses; 8 minutes après, les mouvements respiratoires sont descendus à 32 par minute, le tracé pneumographique fait voir qu'ils ont une *plus grande amplitude* qu'à l'état normal; 14 minutes après, l'animal se calme, des nausées surviennent, la tête reste pendante en dehors de la gouttière, la respiraton subit des arrêts et cesse complètement 18 minutes après le début. On excite le sciatique droit et la force musculaire mesurée au dynamomètre donne pour la première excitation 9 kil. 1/2, pour la deuxième et la troisième 9 kil.

Six minutes après la cessation des mouvements respiratoires, on excite pour la première fois, le nerf sciatique gauche; la première excitation donne 7 kil. 1/2; la deuxième 7 kil.; la troisième 6 kil.; la quatrième 5 kil.; la cinquième 3 kil. et huit minutes après l'arrêt respiratoire, l'excitation du nerf ne donne plus rien, tandis que l'excitation directe du muscle détermine encore des contractions très nettes.

L'expérience qui suit est encore un exemple fort net de la conservation de la puissance musculaire après l'intoxication par le Tanguin.

Expérience XII. — A 9 heures 20, le 27 mai, on sectionne le nerf sciatique droit qui, excité, donne comme force musculaire 11 kil. 1/2 pour la première excitation, 11 pour la deuxième; 14 pour la troisième; 13 et 13 1/2 pour la quatrième et la cinquième, la température rectale est à ce moment de 38 degrés 9.

De 9 heures 30 à 10 heures 25 on injecte sous la peau 2 grammes d'extrait de Tanguin. 40 minutes après le début de l'injection, surviennent des vomissements abondants; 50 minutes après, nausées, diarrhée, cris violents; 55 minutes après, l'animal est pris de convulsions toniques, il se roidit et meurt par arrêt respiratoire; à ce moment la température rectale est de 38°,3. On excite immédiatement le nerf sciatique gauche non sectionné; la première excitation donne 13 kil., la deuxième et la troisième 11 et 11 1/2, la quatrième jusqu'à la septième 10 kil.; 16 minutes après la mort, l'excitation du nerf donne 6 kil.; 18 minutes après 4 kil.; 20 minutes après rien; le muscle se contracte encore sous l'influence du courant.

Troisième période (période paralytique).

Bientôt les reflexes et les convulsions diminuent d'intensité, le batracien est paralysé, inerte et flasque. Si, à ce moment, on excite le nerf, le muscle se contracte vigoureusement; on peut donc conclure que la paralysie n'est pas le résultat de la perte de l'excitabilité neuro-musculaire. Voici une expérience qui le prouve nettement :

Expérience XIII. — Le 2 septembre, à 5 heures 30, on injecte 0,20^{cg} de Tanguin sous la peau d'une petite grenouille assez vivace, 3 minutes après, légère hyperexcitabilité. 8 minutes après, la grenouille est très agile. 10 minutes après, elle devient plus calme, renversée sur le dos, elle ne peut se retourner. 12 minutes après la tête s'appuie sur l'assiette qui la contient; en même temps on voit une légère incurvation de la colonne vertébrale.

13 minutes après, elle reste immobile, quand on la laisse tomber sur l'assiette qui la contient, on voit quelques contractions fibrillaires; étant sur le dos une petite attaque convulsive se manifeste. 17 minutes après, attaque épileptiforme. 18 minutes après, les convulsions diminuent d'intensité. 20 minutes après, légères secousses. 24 minutes après, paralysie musculaire avec flaccidité extrême : aucune contraction fibrillaire lorsque la grenouille retombe sur l'assiette. 27 minutes après le cœur s'arrête en systole.

A ce moment de flaccidité extrême, l'irritation mécanique et électrique du nerf sciatique mis à nu, provoque des contractions musculaires des plus nettes.

L'expérience suivante nous montre qu'à la suite de la phase

convulsive, qu'à la suite de la perte des reflexes et des mouvements, c'est-à-dire à la période paralytique, le cœur, bien qu'affaibli, se contracte encore.

EXPÉRIENCE XIV DU 2 SEPTEMBRE.

A 3 heures 51 m., on injecte sous la peau du dos d'une grenouille, pesant 16 grammes, six centigrammes de Tanguin.

A 4 heures elle est moins active. A 4 h. 2, renversée sur le dos, elle ne peut plus se retourner. A 4 h. 6, la tête repose sur l'assiette, affaissement. A 4 h. 6, arrêt respiratoire. A 4 h. 15, convulsions épileptiformes. A 4 h. 25, petites secousses convulsives dans les membres postérieurs. A 4 h. 27, on provoque les reflexes en pinçant les pattes, flaccidité complète, les phénomènes convulsifs ont disparu. A 4 h. 29, en laissant tomber la grenouillle sur l'assiette on ne provoque plus aucun mouvement. 4 h. 32 m., à cette période de flaccidité absolue, consécutive à la phase convulsive, le cœur bat encore. A 4 h. 50, les battements cardiaques persistent, mais ils sont rares.

Les contractions des muscles de la vie de relation ont cessé avant les battements du cœur.

Tout à fait vers la fin de l'intoxication, on voit apparaître la perte de l'irritabilité neuro-musculaire, la cessation de l'irritabilité du nerf survient un peu avant celle de l'irritabilité du muscle; mais cette dernière s'éteint bien vite: c'est un phénomène curarique ultime, accessoire et éphémère.

EXPÉRIENCE XV. — A 3 heures 40, on injecte sous la peau du dos d'une grosse grenouille 0,15^{cg} d'extrait de Tanguin. 50 minutes après, le cœur bat encore, les mouvements volontaires ont cessé et la contractilité électrique a beaucoup diminué de force. 1 h. 10 m. après, les contractions cardiaques existent mais sont faibles. 1 h. 20 après, l'excitabilité des nerfs est éteinte, même celle des nerfs qu'on excite pour la première fois, 1 h. 30 après, le cœur bat faiblement. 1 h. 41 m. après, les muscles et les nerfs, mis à découvert, ne sont plus excitables sous l'influence d'un courant de moyenne intensité. 1 h. 45 m. après, avec un fort courant, le nerf n'est plus excitable tandis que le muscle se contracte encore. C'est là un phénomène curarique secondaire, accessoire. 1 h. 50 m. après, le cœur bat encore faiblement jusqu'à 2 h. 20 m. après le début de l'injection.

Cette perte de l'excitabilité neuro-musculaire n'est point due à l'affaiblissement du cœur, ni à la cessation de la circulation générale; car, après la ligature du cœur, l'excitabilité persiste pendant plusieurs heures, tandis que dans l'empoisonnement par le Tanguin, la perte est précoce. Voici des expériences qui le prouvent.

EXPÉRIENCE XVI. — **Ligature des vaisseaux à la base du cœur. — Conservation de l'irritabilité neuro-musculaire plusieurs heures après la ligature.**

A 3 heures 51, sur une grenouille, on lie les gros vaisseaux à la base du cœur. On voit, à l'aide du microscope, que le courant sanguin persiste une ou deux minutes puis s'arrête. La grenouille détachée à 4 heures exécute des sauts, comme à l'état normal. Les mouvements abdominaux et hyoïdiens sont très faibles, à peine perceptibles ou arrêtés; tout d'un coup l'abdomen se gonfle et reste dans cette situation, puis l'affaissement a lieu peu à peu.

A 4 h. 27 m. (36 minutes après l'injection), il y a encore des mouvements volontaires mais affaiblis, la tête touche l'assiette, la grenouille ne se tient plus sur ses pattes antérieures. Mouvements de nageur *assez vifs* quand on excite les pattes postérieures, l'une de ces dernières pattes se fléchit après avoir été étendue.

A 4 heures 42 m., les pattes postérieures se fléchissent encore faiblement, la pression sur les pattes antérieures détermine des mouvements, mais *sur place*, puis flaccidité, aucun mouvement convulsif ni autre, la grenouille est morte.

A 5 heures 7 m., à 5 h. 25 m., à 5 h. 39 m. et à 5 h. 59 m., c'est-à-dire 2 heures après la ligature, l'excitabilité électrique neuro-musculaire est presque intacte.

Ainsi deux heures après la cessation de toute espèce de circulation, l'irritabilité neuro-musculaire est conservée, tandis qu'elle est éteinte 50 minutes après l'intoxication par le Tanguin. La conclusion s'impose : le poison de Madagascar détruit peu à peu l'irritabilité neuro-musculaire, mais cette action est lente et terminale.

EXPÉRIENCE XVII. — Ligature de l'aorte.

Le 15 juillet, à 3 heures 20 m., on lie l'aorte à la base du cœur sur une grenouille vivace. 1 h. 40 m. après, l'excitabilité des nerfs sciatiques est intacte, il en est de même 1 h. 53 m. et 1 h. 57. m. après. Enfin 2 h. 20 m. après la ligature, l'excitabilité électrique des nerfs et des muscles est encore très nette.

EXPÉRIENCE XVIII. — Ligature des vaisseaux de la base du cœur.

Le 16 juillet, à 11 heures 30 m., on fait la ligature des gros vaisseaux à la base du cœur d'une grenouille. 8 minutes après, la grenouille excitée fait un grand saut. 15 minutes après, les mouvements volontaires sont moins intenses qu'à l'état normal. 49 minutes après la ligature, les nerfs et les muscles possèdent leur excitabilité physiologique.

EXPÉRIENCE XIX. — Deux expériences comparatives. — Durée de l'irritabilité neuro-musculaire à la suite d'une injection de Tanguin et consécutivement à la ligature de la base du cœur.

Expérience A. — A 5 heures 53 m., injection sous-cutanée de Tanguin à une grenouille. 57 minutes après l'injection, on excite le nerf à l'aide du courant induit et l'on constate que l'irritabilité neuro-musculaire a totalement disparu.

Expérience B. — A 5 heures 45 m., on lie le cœur d'une grenouille un peu au-dessus de la base. 30 minutes après le début, les contractions musculaires sont vigoureuses. 1 h. 5 m. après la cessation complète de toute circulation, l'irritabilité neuro-musculaire existe encore.

Cette perte de l'irritabilité neuro-musculaire à la suite de l'intoxication par le Tanguin, ne semble pas être due à une action du poison sur les centres nerveux cérébro-spinaux. Si l'on compare la durée de l'excitabilité sur deux grenouilles privées de système nerveux central et dont l'une seulement a reçu le Tanguin ; on voit que les nerfs et les muscles du batracien intoxiqué perdent beaucoup plus vite leur excitabilité que ceux de l'autre.

Expérience XX. — Comparaison entre l'excitabilité neuro-musculaire de deux grenouilles, dont l'une et l'autre ont subi la destruction des centres nerveux, mais dont l'une seulement a été intoxiquée par le Tanguin.

Le 18 juillet, à 10 heures 34 m., on détruit la moelle et le cerveau d'une grenouille A.

A 10 heures 37 m., à une autre grenouille B dont on a préalablement détruit la moelle et le cerveau, on injecte sous la peau 0,12 cg d'extrait de Tanguin.

33 minutes après le début, les nerfs et les muscles de A et de B se contractent bien. Une heure après l'excitabilité neuro-musculaire est conservée chez A et B. On abandonne alors les grenouilles pendant un certain temps et 4 h. 47 m. après le début, on constate que les nerfs et les muscles de B ne sont plus du tout excitables, tandis que les nerfs et les muscles de A ont conservé leur excitabilité physiologique.

Toutes ces expériences démontrent que l'action directe du Tanguin sur les nerfs et les muscles est la cause principale de la diminution et de la cessation tardive de leur irritabilité.

Voici d'autres expériences très démonstratives à cet égard :

Expérience XXI. — Durée comparative de l'excitabilité d'un nerf plongé dans l'extrait de Tanguin et de l'excitabilité d'un nerf plongé dans l'eau distillée.

Le 18 juillet, à 10 heures 52 m., on désarticule le fémur de deux grenouilles, en conservant le nerf sciatique dans une étendue d'un centimètre. On place l'un des nerfs A dans l'eau distillée, et l'autre B dans l'extrait de Tanguin. Une heure 8 m. après le début, le nerf B excité, ne provoque plus de contraction, tandis que le nerf A excité provoque des contractions normales.

Expérience XXII.

A 11 heures 28 m., on sectionne les muscles des deux cuisses, on dissèque avec le plus grand soin un centimètre et demi des nerfs sciatiques : on place l'un dans l'eau distillée et l'autre dans l'extrait de Tanguin. 39 minutes après on excite les deux nerfs : celui qui est placé dans l'eau distillée possède encore

son excitabilité normale tandis que l'excitabilité du nerf qui est plongé dans le Tanguin est totalement abolie.

Expérience XXIII. — Etude comparative de l'excitabilité de deux nerfs dont l'un est plongé dans l'eau distillée, l'autre dans l'extrait de Tanguin.

Le 15 juillet, à 2 heures, on sectionne tous les muscles de la cuisse d'une grenouille à droite et à gauche, en laissant libre et intact un centimètre et demi des deux nerfs sciatiques : les extrémités de ces deux nerfs sont plongées, l'une dans l'extrait de Tanguin, l'autre dans l'eau distillée ; l'une et l'autre sont excitées 1 h. 3 m. après, l'excitabilité du nerf plongé dans l'eau distillée est normale, tandis que l'excitabilité du nerf baignant dans le Tanguin, est absolument éteinte ; les muscles des deux pattes sont excitables.

Le Tanguin altère donc l'irritabilité nerveuse, lorsqu'il est mis en contact direct avec le nerf moteur.

II. — Action sur la respiration.

Nous venons d'étudier avec soin, chez le batracien, les trois périodes de l'empoisonnement par le Tanguin, en insistant principalement sur les phénomènes musculaires, de telle sorte que nous pouvons résumer les phases de l'intoxication de la manière suivante : en premier lieu apparaissent des signes d'excitation, en second lieu, des symptômes de résolution musculaire avec hyperexcitabilité, et en troisième lieu, des phénomènes paralytiques terminaux. Il nous reste à étudier d'autres symptômes contingents, dont quelques-uns ont une importance capitale au point de vue du mécanisme de la mort.

Tout d'abord, avec la résolution musculaire, on voit survenir chez la grenouille un arrêt respiratoire, qui, chez les mammifères, est souvent précédé de convulsions. Cet arrêt de la respiration se produit toujours avant l'arrêt du cœur.

Voici des expériences qui sont très probantes à ce point de vue :

Expérience XXIV. — Injection de 0,20cg de Tanguin à une grenouille de 35 gr. — Résolution musculaire. — Arrêt respiratoire. — Convulsions. — Arrêt du cœur. — Irritabilité normale du nerf sciatique.

Le 3 juin, à 10 heures 23 m., on injecte sous la peau du dos d'une grenouille 0,20cg d'extrait de Tanguin ; immédiatement après l'injection, on remarque quelques mouvements fibrillaires au niveau de la région injectée ; pendant 9 minutes, la grenouille saute, nage, exécute des mouvements divers ; mais 10 minutes après le début, elle devient flasque et reste immobile ; placée sur le dos, elle y reste en présentant quelques contractions fibrillaires (phénomènes convulsifs), les mouvements de l'appareil hyoïdien ont cessé.

12 minutes après, le cœur s'arrête en systole : les oreillettes se contractent encore. L'irritation mécanique par tiraillement du nerf sciatique provoque des mouvements étendus.

Dans ce cas, les premiers phénomènes sont : la résolution musculaire, la cessation des mouvements volontaires, l'arrêt de la respiration et des convulsions. 12 minutes après le début, le cœur s'arrête : à ce moment l'irritabilité du sciatique est normale. Les mouvements volontaires ont cessé au moment où le cœur se contractait encore, c'est le contraire qui se produit dans les cas types d'intoxication par un poison cardiaque.

Expérience XXV. — Injection sous-cutanée de 0,20cg d'extrait de Tanguin à une grenouille du poids de 25 gr. — 1re phase : accélération et grande amplitude de la respiration. — 2e phase : affaiblissement des mouvements volontaires et des mouvements respiratoires. — Après 12 minutes, cessation de la respiration. — Après 14 minutes, exagération des reflexes, flaccidité des membres, secousses convulsives provoquées entre la 16e et la 32e minute. — Après 38 minutes, arrêt du cœur.

A 11 heures 16 m., on injecte sous la peau d'une grenouille, pesant 25 gr., 0,20cg d'extrait de Tanguin. 2 minutes après, elle saute très bien, la respiration est régulière. 5 minutes après, la respiration est accélérée. 7 minutes après, le saut est un peu moins fort. 11 minutes après, les pattes postérieures, préalablement étendues se fléchissent moins facilement, les mouvements hyoïdiens sont faibles, ainsi que les mouvements des flancs. 12 minutes après, la grenouille ne respire plus, les pattes étendues restent traînantes ; placée sur le dos, elle ne peut plus se retourner sur l'abdomen. — 14 minutes après, reflexes exagérés, membres flasques. 16 minutes après, quand on laisse tomber la grenouille sur la table, on voit se produire de petites secousses dans les pattes postérieures. 21 minutes après, petites secousses convulsives à la suite d'un choc. 23 minutes après, en frappant sur la table, on provoque des secousses convulsives. 32 minutes après, le nerf sciatique est encore excitable. 35 minutes après, le cœur bat plus faiblement et s'arrête 38 minutes après le début de l'injection.

Expérience XXVI. — Injection sous-cutanée de 0,22cg d'extrait de Tanguin à une grenouille bien vivace. — Diminution de fréquence et de force de la respiration qui s'arrête 20 minutes après l'injection. — Résolution musculaire. — Les battements cardiaques diminuent de force et de fréquence.

Le 10 juin, à 2 heures 25 m., on injecte sous la peau du dos d'une grenouille, 0,22cg d'extrait de Tanguin, 3 minutes après, la tête s'affaisse un peu, mais se relève facilement quand on excite la grenouille. 20 minutes après, les pattes postérieures allongées gardent cette situation, les mouvements respiratoires diminuent d'intensité. 25 minutes après, *la respiration est arrêtée*, la grenouille renversée sur le dos ne peut plus se mettre dans le decubitus abdominal physiologique, elle est *absolument flasque*, n'exécutant plus de

mouvements volontaires : l'irritabilité nerveuse est conservée. 35 minutes après, les contractions cardiaques persistent encore. 45 minutes après, les mouvements du cœur sont faibles. 55 minutes après, l'arrêt cardiaque n'est pas absolu. Mais les battements sont très rares et très faibles.

On voit, dans cette expérience que les mouvements respiratoires diminuent assez rapidement de fréquence et d'amplitude, puis ils s'arrêtent. A ce moment la grenouille est en résolution musculaire, l'irritabilité nerveuse étant conservée. En même temps les battements cardiaques diminuent de fréquence.

On observe les mêmes phénomènes avec les cobayes; chez ces animaux, la respiration s'arrête également avant le cœur. En voici des exemples :

Expérience XXVII. — Injection sous-cutanée de 0,20cc d'extrait de Tanguin à un jeune cobaye. — Après 20 minutes, arrêt de la respiration. — Le cœur ne cesse de battre que 17 minutes après l'arrêt respiratoire.

A 9 heures 48 m., injection sous-cutanée de 0,20cc d'extrait de Tanguin.

A 9 h. 56 m., tremblements de la tête, le museau tombe sur le plan de la table.

A 10 h. 1 m., nausées, secousses de l'oreille.

A 10 h. 4 m., expiration brusque, l'animal rejette un peu de salive.

A 10 h. 5 m., efforts de vomissement avec un petit cri. Le pourtour de la bouche est coloré en vert par la chlorophylle.

A 10 h. 7 m., convulsions surtout dans la partie antérieure du tronc. — Ces convulsions sont très nettes et, à leur suite, à 10 h. 10 m., on voit *la respiration s'arrêter.*

On ouvre le thorax : le cœur bat jusqu'à 10 h. 14; à ce moment les battements commencent à diminuer.

A 10 h. 17 m., le cœur bat encore, mais les mouvements se ralentissent de plus en plus et diminuent d'intensité.

A 10 h. 21 m., le ventricule se contracte.

A 10 h. 24 m., l'oreillette seule se contracte; même fait à 10 h. 26 m.

A 10 h. 27 m., arrêt de l'oreillette.

Expérience XXVIII. — Injection sous-cutanée de 0,10cc d'extrait de Tanguin à un jeune cobaye. — Mort 30 minutes après, par arrêt de la respiration, *le cœur continuant à battre.*

A 9 heures 28 m., injection sous la peau du dos d'un petit cobaye, de 0,10cc d'extrait de Tanguin.

A 9 h. 33 m., quelques secousses dans les muscles de la tête.

A 9 h. 35 m., le museau tombe sur le plan de la table. R. 160.

A 9 h. 37 m., secousses du museau. Démarche spéciale : le cobaye s'avance allongé avec un tremblement de la tête.

A 9 h. 40 m., se couche, marche en tremblant comme dans la sclérose en plaques.

A 9 h. 41 m., respiration forte.

A 9 h. 42 m., ne peut plus avancer, tourne sur lui-même. R. 60.

A 9 h. 45 m., quelques secousses. R. 80.

A 9 h. 48 m. R. 84. De temps en temps, quelques secousses générales peu intenses, puis attaque convulsive.

A 9 h. 56 m., arrêt de la respiration.

A 10 h., le cœur, vu par le thorax ouvert; bat toujours.

A 10 h. 4 m., l'oreillette seule bat encore.

A 10 h. 6 m., arrêt complet du cœur.

A 10 h. 8 m., l'excitation électrique du nerf n'amène plus de contraction; l'excitabilité du muscle persiste.

Expérience XXIX. — Injection sous-cutanée de 0,80 cg d'extrait de Tanguin à un cobaye. — Mort rapide par arrêt de la respiration (le cœur continuant à battre).

De 9 heures 25 m. à 9 h. 35 m., injection sous-cutanée de 0,40 cg d'extrait de Tanguin à un cobaye de 630 gr.

Après l'injection : tremblements de la tête, puis de tout le corps. Chute sur le côté droit, les membres restent étalés, mais réagissent encore.

A 9 h. 42 m., efforts de vomissements continus.

A 9 h. 50 m., la respiration s'arrête. On ouvre immédiatement le thorax et on voit le cœur battre encore pendant six minutes, sans qu'il se produise de mouvements respiratoires.

Chez le chien, comme le montrent les expériences qui vont suivre, nous voyons toujours l'arrêt respiratoire être précédé de convulsions passagères : chez ces animaux, la phase d'excitation est beaucoup plus manifeste que chez les batraciens.

L'arrêt respiratoire est dû à une action du sang intoxiqué sur le système nerveux : en effet, si au moment précis où l'animal fait la dernière respiration, on injecte le sang d'un chien sain dans le bout périphérique de l'artère carotide, on voit se produire plusieurs respirations successives : pour réussir l'expérience, il ne faut pas trop attendre, car, après quelques minutes, la respiration ne reprend plus ; et même, quand on fait réapparaître les mouvements respiratoires avec la première et la deuxième transfusion, la troisième n'amène plus l'apparition de ce phénomène.

Voici plusieurs expériences qui démontrent le fait :

Expérience XXX. — Injection sous-cutanée d'extrait de Tanguin. — Pression arterielle. — Injection de sang artériel dans le bout périphérique de l'artère carotide après l'arrêt de la circulation.

17 juillet. Chien de 7 kil. Pouls 108.

Pression artérielle normale. 15 cent. 2 mill. de mercure.

A 9 heures 30 m., injection sous-cutanée de 1 gr. 20 d'extrait de Tanguin.

A 9 h. 40 m., l'animal s'agite, fait des efforts de vomissements.

A 9 h. 45 m., la pression sanguine est augmentée, 17 cent. 1 mil.

A 9 h. 50 m., pouls 124.

A 9 h. 55 m. (25 m. après l'injection), l'animal cesse de respirer. Immédiatement on lui injecte par le bout périphérique de la carotide du sang artériel extrait à ce moment de la carotide d'un autre chien non intoxiqué. Pendant l'injection de ce sang qui va au bulbe, le chien fait plusieurs mouvements respiratoires; mais au bout de deux minutes environ, l'injection continuée ne produit plus rien.

On ouvre alors le thorax et on voit le cœur se contracter sous l'influence du courant électrique. Les muscles sont le siège de contractions fibrillaires.

Au moment de la mort, l'animal se roidit, a quelques phénomènes convulsifs et la respiration s'arrête. On remarque en outre, qu'avant la mort les respirations sont plus amples et que le chien, après avoir été excité dans les premiers moments qui suivent l'injection, devient à la fin calme et somnolent.

Expérience XXXI. — Injection sous-cutanée de Tanguin. — Analyse des gaz du sang. — Dosage de Co^2 de la respiration. — Pression artérielle. — Injection de sang artériel dans le bout périphérique de la carotide après l'arrêt de la respiration.

19 juillet. Chien de 12 kil. 800.

P. 94. R. 16. T. R. 39°3. Pression artérielle : 14 cent. 2 mill.. de mercure.

Gaz dans 20^{cc} de sang artériel : Co^2 8^{cc} 0,2^{cc}7.

25 litres d'air expirés en 4 m. 45, contiennent 0,71-Co^2.

A 9 heures 10 m., injection sous-cutanée de 0,40^{cg} d'extrait de Tanguin.

A 9 h. 30 m., la pression est la même qu'avant l'injection.

A 9 h. 38 m., nouvelle injection de 0,40^{cg}.

A 9 h. 47 m. P. 70.

A 9 h. 50 m., gaz dans 20^{cc} de sang artériel : Co^2 5^{cc} 8, 0,2^{cc} 7.

A 9 h. 57 m.. R. 11. La pression artérielle est peu modifiée.

A 10 h., R. 7. T. R. 38°6.

A 10 h. 10 m., 25 litres d'air expiré en 4 m. 35 s. ne contiennent plus que 0,53^{cg} Co^2.

Gaz dans 20^{cc} de sang artériel : Co^2, 3^{cc} 7, 0,2^{cc} 9.

A 10 h. 15 m., la pression a baissé : 9 cent. 6 mill., le chien urine abondamment; il commence à se calmer et à devenir somnolent. Après avoir été agité depuis le début de l'injection.

A 10 h. 25 m., P. 170. R. 11. T. R. 38°4. Les respirations sont amples.

A 11 h. 10 m., la respiration s'arrête. On injecte immédiatement, par le bout périphérique de la carotide, du sang artériel pris sur un chien bien portant : au même instant la respiration se rétablit pendant quelques instants; mais bientôt, malgré l'injection de sang qui est continuée, les mouvements respiratoires ne reprennent plus.

Le thorax ouvert montre qu'alors encore le cœur continuait à battre.

L'intestin se contracte bien à la suite des excitations électriques.

III. — Action sur la circulation.

Action sur le cœur.

a. Le Tanguin amène assez vite l'affaiblissement graduel et progressif des *contractions cardiaques*, puis l'arrêt tardif du cœur, arrêt qui survient après celui des mouvements respiratoires. Le Tanguin accentue donc surtout son action sur la circulation.

Voici des expériences confirmant ce que nous avançons :

Expérience XXXII. — Injection sous-cutanée de Tanguin à une grenouille. — Graphique des contractions cardiaques.

A 3 heures 39 m., on injecte de l'extrait de Tanguin sous la peau du dos d'une grenouille; pendant l'injection l'animal s'agite, le cœur bat 46 fois par minute. Les 12 premières minutes qui suivent l'injection, le nombre des battements reste le même. A 4 heures 18 m., les battements descendent à 28, jusqu'à 4 heures 50 m.

A 5 heures 24 m., on fait une nouvelle injection de Tanguin dans la cuisse; à 5 heures 26, les battements sont à 16. A 5 heures 35, les reflexes s'exagèrent; en même temps plusieurs attaques épileptoïdes avec opistothonos se produisent; à 6 h. 15 on voit que les contractions ventriculaires sont très ralenties; en même temps on constate l'affaiblissement des contractions musculaires, qui cependant existent encore.

Voici des graphiques qui montrent : A les battements normaux, B les battements ralentis. Dans ce dernier, le sommet indique la contraction ventriculaire précédée d'une ligne ascendante indiquant la contraction auriculaire.

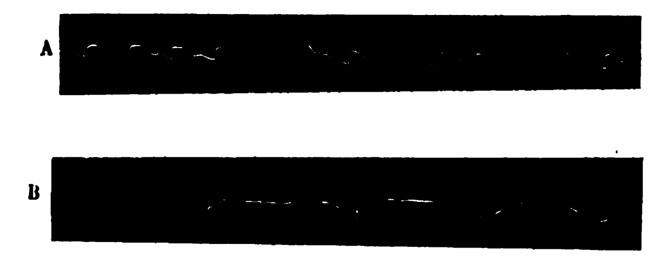


Fig. 3.

Expérience XXXIII. — Injection sous-cutanée de Tanguin à une grenouille. — Graphique des contractions cardiaques.

A 6 heures 5, on fait l'injection : à ce moment, le cœur bat 50 fois à la minute, 8 minutes après, la grenouille commence à s'affaisser. Le cœur ne se ralentit d'une manière appréciable que 17 minutes après le début de l'injection; il bat alors 40 fois par minute; 25 minutes après les battements sont descendus à 20; 32 minutes après, ils sont à 18; 36 minutes après, le cœur ne bat plus que 16 fois par minute.

Les graphiques A, B, C représentent les battements normaux du cœur et les

battements ralentis : A normaux, B ralentis 25 minutes après, C ralentis 32 minutes après.

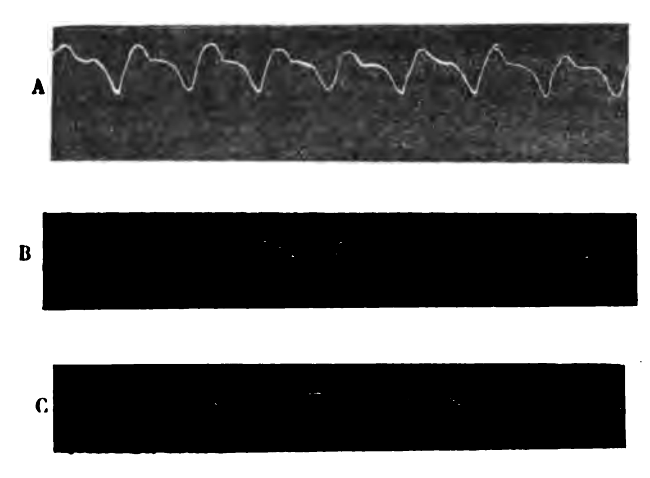


Fig. 4.

Expérience XXXIV. — Injection sous-cutanée de 0,25^{cg} d'extrait de Tanguin à une grenouille. — Arrêts et reprises des battements cardiaques ; opisthotonos. — Arrêt définitif du cœur.

Le 3 juin, à 10 heures 55 m., le cœur étant à découvert, on injecte sous la peau du dos d'une grenouille 0,25^{cg} d'extrait de Tanguin. A 11 h., les mouvements respiratoires ont cessé, le cœur se ralentit. A 11 h. 2 m., quelques secousses musculaires dans les pattes. A 11 h. 9 m., le cœur ralenti bat encore. A 11 h. 15 m., très rares contractions cardiaques, arrêts puis reprises. A 10 h. 18 m., en percutant les pattes postérieures, on détermine facilement des contractions reflexes dans les pattes antérieures. A 11 h. 20 m., on produit un opisthotonos en laissant tomber la grenouille sur la table. A 11 h. 24 m., encore quelques contractions cardiaques avec des arrêts et des reprises. A 11 h. 42 m., le cœur est immobile, arrêté en systole.

Il est facile de constater dans cette expérience que l'empoisonnement par le Tanguin offre des analogies avec l'intoxication par la strychnine ; toutefois les différences sont grandes : la strychnine à haute dose peut déterminer des arrêts cardiaques secondaires ; mais le Tanguin agit sur le cœur d'une manière beaucoup plus hâtive.

Ainsi l'un des symptômes importants de l'empoisonnement par le Tanguin consiste dans son action sur le cœur qui est ralenti et si la dose est suffisante s'arrête en systole ; le phénomène peut aller jusqu'au tétanos du cœur ; le ventricule est pâle, contracté, inexcitable aux agents mécaniques et physiques, les oreil-

lettes battent plus ou moins longtemps après les ventricules (Expériences XXVI et XVII, p. 17) : il y a même là une preuve de l'indépendance fonctionnelle relative de ces organes. L'arrêt cardiaque a toujours lieu après l'arrêt respiratoire.

Quel est le mécanisme de cette action du toxique sur le cœur? Le poison agit-il sur l'appareil nerveux périphérique (ganglions, filets nerveux), ou sur le muscle lui-même?

Le Tanguin ne paraît pas agir sur le cœur par l'intermédiaire du système nerveux central; en effet, sur la grenouille, les effets de ralentissement et d'arrêt se produisent alors même que la destruction des centres cérébro-spinaux a été complète. Nous citons à l'appui les expériences suivantes :

Expérience XXXV du 12 juillet. — Destruction des centres cérébraux spinaux sur deux grenouilles. — Intoxication de l'une par le Tanguin. — Etude comparative.

A 8 heures 38 m., on détruit le cerveau et la moelle épinière de deux grenouilles; à l'une T, on injecte 0,15cg d'extrait de Tanguin et on abandonne l'autre R à elle-même.

35 minutes après, le cœur de la grenouille T est arrêté tandis que celui de la grenouille R continue à battre régulièrement. De 35 minutes à 55 minutes après le cœur de T se met à battre pendant quelques secondes, puis s'arrête et reprend pour s'arrêter complètement 55 minutes après l'injection. Le cœur de la grenouille R continuait à battre normalement deux heures après.

L'arrêt du cœur de la grenouille T n'est donc pas dû à l'influence du Tanguin sur le système nerveux central puisqu'il est détruit. De plus cet arrêt n'est pas dû à la simple suppression sans intoxication des centres cérébro-spinaux.

Voici des expériences parallèles qui plaident dans le même sens :

Expériences XXXVI et XXXVII. — Destruction du système cérébro-spinal chez deux grenouilles. — Injection de Tanguin à l'une. — Étude comparative.

A 4 heures 25 m., on détruit le système cérébro-spinal de deux grenouilles A et B dont le cœur bat 50 à 52 fois par minute.

A 4 heures 31 m., on injecte à la grenouille B quelques gouttes d'une solution d'extrait de Tanguin. A 4 h. 45 m., le cœur bat 48 fois; à 4 h. 57 m., 28 fois; à 5 h. 3 m., les battements sont à 16; à 5 h. 6 m., ils tombent à 12; la réplétion ventriculaire est très lente à se faire. A 5 h. 21 m., le cœur bat 14 fois, et à 5 h. 25 m., 12 fois : à ce moment on dépose sur le cœur quelques gouttes de sulfate neutre d'atropine. A 5 h. 55 m., c'est-à-dire une demi-heure après le dépôt d'atropine le cœur bat encore 12 fois par minute, l'accélération

a donc été nulle : c'est là un fait important qui a sa valeur dans l'étude du mode d'action du Tanguin.

A 5 heures 57 m., le nerf sciatique n'est plus excitable par le courant électrique, tandis que le muscle l'est encore. Dans le cas présent, ce phénomène terminal existe encore plus d'une demi-heure après la première constatation du fait. De plus il arrive un moment où un courant faible ne produit rien sur le muscle; tandis qu'un courant fort détermine des contractions.

Le cœur de la grenouille A, qui n'a pas été intoxiquée, battait 40 fois à 4h 57 et 48 fois à 5h 24', c'est-à-dire qu'une heure après la destruction du système nerveux les mouvements de l'organe n'avaient pas varié de nombre.

Le Tanguin peut donc arrêter le cœur sans agir sur le système nerveux central. L'action cardiaque a-t-elle lieu par l'intermédiaire des pneumogastriques? Pour résoudre ce problème, nous avons curarisé un chien jusqu'à ce que l'excitation du pneumogastrique ne produise plus d'arrêt cardiaque (le cœur continue à battre grâce à la respiration artificielle) ; puis nous avons intoxiqué l'animal avec le Tanguin; dans ces circonstances les battements du cœur se ralentissent et finissent par cesser : le Tanguin peut donc agir sur le cœur en dehors des pneumogastriques. Voici une expérience qui le prouve :

Expérience XXXVIII. — Curarisation d'un chien jusqu'à ce que le pneumogastrique ne produise plus d'arrêt cardiaque. Injection intra-veineuse de Tanguin. Sept minutes après le début de l'injection, les mouvements du cœur se ralentissent, la pression baisse et le cœur s'arrête.

A 10 heures du matin, on injecte à un chien, pesant 7k,200, cinq centigrammes de curare sous la peau de l'abdomen. Après 20 minutes, l'excitation des pneumogastriques diminuait encore d'une manière notable les battements du cœur. Respiration artificielle.

A 10 heures 30, injection intra-veineuse de dix centigrammes de curare; à 10 h. 42 m. l'excitation, à l'aide des courants faibles ou très intenses ne détermine plus le moindre ralentissement du cœur, qui bat avec une grande régularité.

A 10 heures 50, on injecte avec précaution dans la veine saphène 20gr d'eau renfermant 0gr,20cgr d'extrait mixte de Tanguin pendant un quart d'heure, temps que dure l'injection, on ne sent apparaître aucun trouble du rhythme cardiaque, en prenant le pouls et en sentant les battements cardiaques; le graphique de la pression pris pendant ce temps ne dénote rien, si ce n'est une légère accélération des mouvements du cœur, mais à 11 h. 12 m., c'est-à-dire 7 minutes après la fin de l'injection, on voit sur le graphique que la pression baisse progressivement en même temps que le cœur se ralentit; peu à peu il cesse de battre.

Graphique montrant les battements du cœur et la pression artérielle dans le cours d'un empoisonnement par le curare suivi d'une intoxication par le Tanguin.

A 

B 

C 

Fig. 5.

A. Tracé pris un quart d'heure après l'injection intra-veineuse de curare.

B. Graphique montrant déjà un léger ralentissement du cœur dû au Tanguin, suivi d'une chute rapide de la pression artérielle.

C. Ce tracé fait voir le ralentissement du cœur qui est suivi d'un arrêt produit par le Tanguin.

Cette expérience du double empoisonnement démontre que le Tanguin n'arrête point le cœur en agissant sur le nerf pneumogastrique. En effet le curare avait empêché que l'excitation du nerf produisît l'arrêt du cœur; or, puisque le Tanguin anéantit les mouvements cardiaques, ce ne peut pas être, en détruisant le tronc du nerf vague, qu'il amène cet arrêt.

La non-intervention du pneumogastrique dans l'arrêt du cœur par intoxication du Tanguin est encore démontrée par l'expérience suivante :

Expérience XXXIX. — Atropinisation d'un chien vigoureux, puis injection sous-cutanée de Tanguin. A la suite de cette injection, affaiblissement puis arrêt du cœur.

Le 12 sept., un chien est intoxiqué à une heure de l'après-midi, par le sulfate d'atropine. Au bout d'une demi-heure, on constate l'accélération du cœur.

A deux heures, on injecte sous la peau du dos, un gramme d'extrait de Tanguin : au bout de 20 minutes, les battements du cœur deviennent inégaux, irréguliers, très affaiblis par moments. Enfin, 50 minutes après le début de l'injection, le graphiqne montre une grande faiblesse du cœur qui finit par s'arrêter.

Ici encore les battements ont été modifiés comme si l'intoxication par le Tanguin s'était produite chez un chien non empoisonné par l'atropine.

Graphiques du cœur après l'intoxication par le sulfate d'atropine, suivie de l'empoisonnement tanguinien.

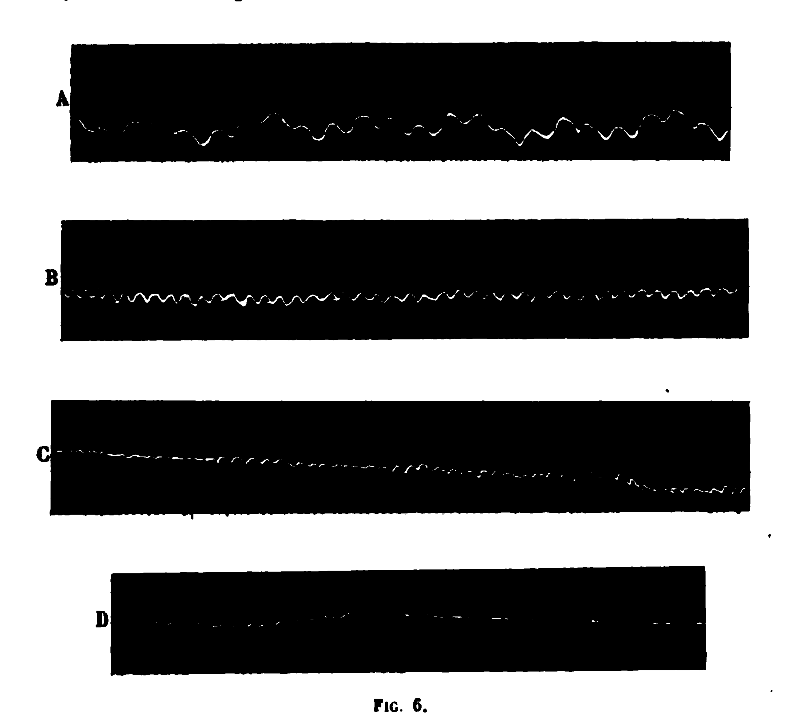


Fig. 6.

A. Ce graphique montre les pulsations normales du cœur du chien (artère en communication avec le tambour, le sphygmoscope comme intermédiaire).

B. Tracé montrant l'accélération du cœur après le sulfate d'atropine.

C. Tracé montrant déjà les inégalités des contractions cardiaques après l'intoxication par le Tanguin.

D. Ce tracé traduit l'affaiblissement du cœur qui finit par s'arrêter.

En définitive le Tanguin paraît donc agir sur le myocarde : Voici des expériences qui plaident en faveur de cette dernière opinion :

EXPÉRIENCE XL.

Le 8 sept. à 4 heures 10 m., on place dans deux centimètres cubes de solution de Tanguin le cœur d'une grenouille très vivace. A 4 h. 20 m., les battements sont beaucoup plus faibles. A 4 h. 25 m., les mouvements du cœur ont complètement cessé.

EXPÉRIENCE XLI comparative.

Le même jour, à 4 heures 13 m., on place un cœur de grenouille dans l'eau distillée. A 4 h. 30 m., les contractions cardiaques sont régulières. A 4 h. 35 m., le cœur se contracte encore. A 4 h. 51 m., les mouvements du cœur cessent, mais l'excitation du muscle provoque des contractions, tandis que l'excitation du cœur, provenant de l'expérience précédente, ne détermine rien.

Le Tanguin a donc empêché les battements et fait perdre l'excitabilité 12 à 15 minutes après le contact, tandis que le cœur placé dans l'eau distillée bat pendant 38 minutes et reste excitable.

Voici d'ailleurs une autre expérience du même genre qui prouve également que le contact direct du Tanguin avec le tissu cardiaque paralyse l'organe central de la circulation.

EXPÉRIENCE XLII comparative du 18 juillet.

A 11 heures 1 m., on sectionne les cœurs de deux grenouilles un peu audessous de leur base : l'un A, est placé dans l'eau distillée, l'autre B, dans l'extrait de Tanguin.

11 minutes après, le cœur A se contracte normalement, le cœur B faiblement.

14 minutes après le début, les contractions du cœur B ont cessé, tandis que celles du cœur A persistent. 47 minutes après, le cœur A se contracte encore.

Cette expérience démontre, d'une manière nette, que le tanguin anéantit les contractions du cœur, lorsque cet organe est en contact avec le poison.

Pour démontrer d'une manière plus nette l'action du Tanguin sur le muscle cardiaque, il faudrait faire des *circulations artificielles* sur un cœur de tortue ou de grenouille dans des conditions variées.

b. *Pression artérielle et gaz du sang.*

La pression artérielle augmente de quelques centimètres au moment de la période d'excitation; mais à la phase suivante la pression s'abaisse. Si la dose du poison a été forte, la 1re phase

est très éphémère et peut passer inaperçue. Ainsi, dans une expérience, l'augmentation a été de deux cent. de mercure; tandis que dans une autre expérience, avant l'injection la pression étant de 15 cent. 12 minutes après, elle est déjà descendue à 12 cent. 5 mill. Une heure après, elle tombe à 9 cent. 5 mill., et 1 h. 45 m. après, elle n'est plus qu'à 6 cent. 5 mill. Dans une troisième expérience, la normale étant de 13 cent. 6 mill., après 25 minutes d'intoxication les maxima étaient à 14 cent. 7 mill.; mais les minima étaient inférieurs à ceux de la normale. Enfin, une heure après l'injection, la pression était descendue à 8 cent.

L'analyse des gaz du sang montre une diminution dans la quantité d'acide carbonique exhalé, tandis que la quantité d'oxygène reste normale ou même un peu supérieure à la normale, ce qui tient aux grandes respirations qui activent les phénomènes intrapulmonaires et à une légère concentration du sang produit par la diarrhée. Ainsi, dans une expérience, on trouve avant l'injection $7^{cc},8$ de Co^2 pour 20^{cc} de sang. 40 minutes après, il n'y en a plus que $5^{cc},5$. Pour l'oxygène au contraire on note $4^{cc},5$ avant l'injection et $5^{cc},3$ 40 minutes après. Dans une autre expérience, l'acide carbonique pour 20^{cc} de sang est de $5^{cc},5$ avant l'injection, tandis que l'oxygène est de $2^{cc},85$ avant l'injection et de $3^{cc},15$ une heure après.

L'analyse de l'acide carbonique éliminé par les poumons donne des résultats en rapport avec ceux qui donne l'analyse des gaz du sang. Dans notre expérience en effet, 25 litres d'air exhalés donnaient avant l'injection $0,71^{cg}$ de Co^2 et une heure après, $0,53^{cg}$ seulement. Il y a donc une diminution dans l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique.

Voici des expériences qui démontrent les faits que nous venons d'avancer relativement à la pression artérielle et aux gaz du sang.

Expérience XLIII. — Injection sous-cutanée de $1^{gr},20$ d'extrait de Tanguin à un chien. — Pression artérielle.

Chez ce chien, la pression artérielle normale est de 15 cent. 2 mill. de mercure.

A 9 heures 30 m., on injecte sous la peau, $1^{gr},20$ d'extrait de Tanguin.

A 9 h. 45 m., la pression artérielle est augmentée de 1 cent. 9 mill., elle est de 17 cent. 1 mill.

Arrêt de la respiration à 9 h. 55 m.

Expérience XLIV. — Injection sous-cutanée d'extrait de Tanguin. — Analyse des gaz du sang. — Pression artérielle.

Chien de 13k,500. T. R. 40°. Pouls 86. Gaz de 20cc de sang artériel : Co^2 7cc,8. Ox : 4cc,5.

Pression artérielle : 15 cent.

De 9 heures 27 m. à 9 h. 30 m., injection sous-cutanée de 1gr,50 d'extrait de Tanguin.

A 9 heures 42 m., pression 12 cent. 5 mill.

A 10 h. 5 m., pouls 114. Grandes inspirations de temps à autre.

A 10 h. 10 m., 20cc de sang artériel contiennent 5cc,5 Co^2 et 5cc,3 Ox. La respiration est irrégulière, avec arrêts et reprises. L'animal se plaint de temps à autre. Il est calme dans l'intervalle.

A 10 h. 30 m. (une heure après l'injection). Pression : 9 cent. 5 mill.

A 11 h. 10 m., T. R. 38°7. Pression 6 cent. 5 mill. A ce moment, on détache le chien qui ne peut se tenir debout qu'avec peine.

A 1 h., vomissements. Défécation. Pas de diarrhée nette.

L'animal meurt à 1 h. 45 après avoir présenté pendant environ un quart d'heure des phénomènes convulsifs très intenses.

Expérience XLV. — Injection sous-cutanée de 1gr,50 d'extrait de Tanguin. Gaz du sang. Pression artérielle.

Chien de 11k,600. Pouls 100. Resp. 24. T. R. 40°. Gaz dans 20cc contenus de sang : Co^2 5cc,5. Ox : 2cc,85. Pression artérielle en prenant les maxima = 13 cent. 6 mill.

De 9 heures 25 m. à 9 h. 30 m., on injecte sous la peau du dos 1gr,50 d'extrait de Tanguin en solution dans 8cc d'eau distillée.

A 9 h. 55 m., vomissement alimentaire. A ce moment, la pression présente de grandes oscillations : les maxima (14 cent. 7 mill.) sont plus élevés que ceux de la normale, mais les minima sont inférieurs.

A 10 h. 5 m. P. 56. R. 12.

A 10 h. 10 m., vomissement.

A 10 h. 30 m. P. 120. R. 10. TR. 39°5. Défécation, vomissements, cris. La pression artérielle est descendue à 8 cent.

A 10 h. 35 m., 20cc de sang donnent : Co^2 3cc,6, Ox 3cc,15.

La mort arrive à 10 h. 42 m. par arrêt de la respiration.

c. *Ralentissement du courant sanguin dans les vaisseaux capillaires.*

La conséquence de l'affaiblissement des contractions cardiaques est de ralentir le courant dans les vaisseaux capillaires, phénomène facile à constater chez la grenouille pendant que se fait l'évolution de l'empoisonnement.

Expérience XLVI. — Injection sous-cutanée d'extrait de Tanguin. — Examen de la circulation dans la membrane interdigitale de la patte de la gre-

nouille. — Ralentissement du courant 8 minutes après l'injection. 23 minutes après, arrêt de la circulation dans certains vaisseaux.

Le 12 juillet, à 10 heures 2 m., injection sous la peau du dos d'une grenouille de 0,15cg d'extrait de Tanguin. 3 minutes après, en examinant la circulation au microscope dans les vaisseaux de la membrane interdigitale, on ne constate pas de modification sensible. 8 minutes après, la circulation se ralentit, les mouvements respiratoires le sont également. 23 minutes après, arrêt de la circulation dans certains vaisseaux; à ce moment on voit encore quelques mouvements volontaires. 28 minutes après, arrêt dans un plus grand nombre de vaisseaux. 38 minutes après, le cœur bat encore, mais est ralenti. 48 minutes après, éclatent des contractions cloniques assez intenses : les contractions cardiaques sont très rares.

L'affaiblissement cardiaque et le ralentissement de la circulation surviennent, on le voit, assez tôt dans le cours de l'intoxication.

d. *Action du Tanguin sur les cœurs lymphatiques.*

Les cœurs lymphatiques n'échappent pas au phénomène d'arrêt : de même que le cœur sanguin, ils cessent de battre.

EXPÉRIENCE. XLVII. — Injection de Tanguin sous la peau d'une grenouille. — Cessation des mouvements volontaires, sensibilité intacte. — Abolition des battements des cœurs lymphatiques. — A la fin, perte de l'excitabilité nerveuse.

A 4 heures 31 m., injection sous-cutanée de 0,05cg d'extrait de Tanguin. 14 minutes après, les mouvements spontanés sont assez forts. 16 minutes après les mouvements volontaires n'existent plus; on détache les pattes postérieures qui, en se repliant, sont agitées de petits mouvements convulsifs passagers; la sensibilité est normale; résolution musculaire. 17 minutes après, des convulsions légères se produisent chaque fois que l'on change de place la grenouille, dont les pattes sont étendues comme dans un mouvement de natation.

Les battements des cœurs lymphatiques ont complètement cessé. Le nerf a conservé son excitabilité physiologique.

24 minutes après, quelques mouvements convulsifs, le cœur se contracte encore. 32 minutes après, les mouvements reflexes sont très nets : en frappant sur la table où la grenouille est placée, on fait contracter les muscles des membres postérieurs.

Après 37 minutes, l'excitabilité neuro-musculaire est bien conservée. 49 minutes après, l'excitabilité du nerf existe encore, mais elle est très affaiblie. 56 minutes après le début, le *nerf a perdu son excitabilité*, le muscle se contracte encore pendant peu de temps.

Dans cette expérience, des troubles moteurs : cessation des mouvements volontaires, mouvements convulsifs sont survenus en premier lieu. Les cœurs lymphatiques cessent de battre avant le

cœur sanguin ; le nerf conserve son excitabilité, puis la perd 26 minutes après le début de l'injection.

Tous les phénomènes précédents se produisent aussi bien quand le poison est introduit dans l'intestin que lorsqu'on l'injecte sous la peau.

Expérience XLVII. — Injection de Tanguin dans le tube digestif d'un cobaye par le rectum.

A 9 heures 54 m., on injecte dans le rectum 0,20cg d'extrait mixte de Tanguin à un cobaye pesant 630 gr.

A 10 h. 8 m., nouvelle injection rectale de 0,20cg.

A 10 h. 15 m., l'animal urine.

A 10 h. 18 m., légers tremblements.

A 10 h. 26 m., dernière injection de 0,20cg.

A 10 h. 29 m., tremblements assez intenses répétés fréquemment comme de petits accès, très marqués à la tête et au cou. Temblements de la tête. Le museau tombe sur le plan de la table. Le cobaye reste étendu.

A 10 h. 35 m., placé sur le sol et excité à la marche, il reste à la même place Il laisse son museau toucher la terre et penche la tête latéralement. Tremblements convulsifs par accès, même dans les pattes postérieures. Sensibilité cornéenne intacte.

A 80 h. 45 m., l'animal urine abondamment. Placé sur le dos, il se remet sur le ventre. Les accès convulsifs continuent.

De 10 h. 50 m. à 11 h. 40 m., l'état reste le même : convulsions, conservation de la sensibilité.

A 11 h. 40 m., T. R. 36°5. Les accès convulsifs continuent et se rapprochent de façon à laisser croire à un accès continu. Défécation abondante sans liquide.

De midi à 2 h. les accès convulsifs diminuent de nombre et d'intensité. La température remonte (37°, 37°5), le cobaye peut se soutenir, il semble se remettre peu à peu.

A 3 h., T. R. 38°. Va beaucoup mieux, a recouvré sa vigueur. Plus de convulsions.

A 5 h., à 8 h., à 9 h. et à 10 h. du soir, rien de particulier.

Le lendemain matin l'animal paraît remis.

IV. — Action sur l'homme. — Effets thérapeutiques.

Nous venons d'étudier les divers symptômes observés chez les animaux. Chez l'homme, il est de notre devoir de ne rien tenter pouvant nuire aux malades à un degré quelconque ; nous devons cependant soulager les patients à l'aide de doses qui n'ont aucune mauvaise influence sur l'organisme.

En agissant avec une prudence extrêmement timide, nous avons donné d'abord à l'homme un centigramme, puis deux,

puis trois centigrammes d'extrait de Tanguin, et nous avons reconnu qu'il fallait cinq à dix centigrammes pour donner des effets thérapeutiques sur les voies digestives et qu'il importait de n'aller guère au delà sous peine de voir survenir, non pas des accidents, mais des symptômes divers qu'il faut éviter.

Voici l'observation d'un tuberculeux ayant quelques troubles intestinaux que nous pensions faire cesser en administrant du Tanguin :

J..., âgé de 31 ans, est entré à la salle Bernard (hospice d'Ivry) pour une tuberculose pulmonaire accompagnée de quelques troubles intestinaux.

Le 23 août 1885, le malade prend une potion contenant xx gouttes d'extrait de Tanguin, à 9 heures du matin. Il se sentait ce jour-là assez bien portant. Il a bien déjeuné vers dix heures et n'a rien ressenti jusqu'à onze heures; à ce moment surviennent un étourdissement avec tendance au sommeil puis des nausées et des vomissements alimentaires; en même temps, J... a été pris de coliques assez fortes et de diarrhée (quatre garde-robes dans la journée). Bientôt J... a épouvé une céphalalgie violente et très persistante; dans l'après-midi, il a voulu prendre un peu de lait qui a été vomi. De plus le malade accuse une sensation de courbature et de faiblesse générale.

La nuit, J... a été trois fois à la garde-robe; la céphalalgie l'a empêché de dormir. Pas de troubles cérébraux.

Le lendemain 24 août, le malade n'a pas pu manger, il a même vomi un peu le matin; il n'a eu ce jour-là que deux garde-robes.

Au bout de quelques jours, la céphalalgie et la sensation de faiblesse généralisée avaient totalement disparu; il y avait une amélioration des troubles intestinaux.

Ainsi, chez l'homme, comme chez les mammifères, parmi les premiers phénomènes, il y en a qui se produisent du côté du tube digestif : nausées, vomissements, diarrhée; puis surviennent de la céphalalgie et de la faiblesse généralisée.

L'observation suivante démontre la même action sur l'intestin.

Pat..., âgé de 73 ans, couché au numéro 13 de la salle Bernard (hospice d'Ivry), ayant une bronchite chronique, se plaint de constipation depuis quatre jours. On lui donne, le 13 juin, à 9 heures 20 m. du matin, 0,10^{cg} d'extrait de Tanguin en potion. Avant l'administration du médicament, le malade dit n'avoir eu ni coliques ni vomissements. A la palpation de l'abdomen, on perçoit du gargouillement. A midi, garde-robe très abondante, qui se répète le lendemain matin à 8 heures.

Il en est de même les jours suivants sans administration de Tanguin.

Chez plusieurs autres malades, les mêmes doses ont produit les mêmes effets.

Ainsi, dans des recherches antérieures, nous avions pu donner progressivement xv gouttes de Tanguin sans déterminer de troubles bien accentués. Dans ces conditions, nous avons pu donner xx gouttes à un homme adulte; divers troubles n'ayant aucune gravité se sont produits, mais il est évident qu'il ne faut pas dépasser ces doses. Il est indispensable, comme dans la deuxième observation, de n'employer le Tanguin qu'à la dose de cinq à dix centigrammes pour combattre la constipation. En voici un nouvel exemple :

N..., 61 ans, athéromateux avec phénomènes d'ischémie cérébrale, est couché au numéro 14 de la salle Bernard (hospice d'Ivry). Ce malade se plaignant d'être constipé depuis 5 jours, on lui donne, le 12 juillet, 10 gouttes d'extrait de Tanguin. A la suite de l'administration de cette substance, N... n'a éprouvé aucun accident, ni aucun phénomène douloureux; il a eu deux selles ordinaires dans l'après-midi.

On renouvelle la dose toujours avec le même succès.

On voit que nos recherches chez l'homme sont tout à fait incomplètes. Le Tanguin nous ayant manqué, nous n'avons pu les compléter; mais tout insuffisantes qu'elles soient, elles prouvent que l'on peut administrer cette substance à l'homme, tout en ne dépassant guère la dose de dix à vingt centigrammes, même il sera prudent de ne donner que des doses inférieures à vingt centigrammes. Si l'on augmente progressivement les doses, il faudra s'arrêter aussitôt qu'apparaîtra la céphalalgie.

Conclusions.

Chez les *batraciens* le Tanguin détermine des accidents que l'on peut diviser en *trois* périodes :

Dans la *première*, ce sont des phénomènes d'excitation qui dominent : agitation, accélération de la respiration et des mouvements du cœur.

La *seconde* phase se caractérise par l'arrêt respiratoire, par l'affaiblissement des mouvements volontaires allant jusqu'à la résolution des muscles, par l'hyperexcitabilité cérébro-spinale, avec convulsions généralisées et par la diminution de fréquence des battements cardiaques.

La *troisième* période s'annonce par la division des réflexes, par la paralysie avec flaccidité. A ce moment précis, l'excitabilité neuro-musculaire existe encore. Vers la fin de cette phase, l'irritabilité neuro-musculaire diminue, puis cesse. Le cœur s'arrête.

La destruction tardive de l'irritabilité neuro-musculaire est due surtout à l'action du Tanguin sur le nerf et sur le muscle.

L'affaiblissement, puis l'arrêt des mouvements du cœur paraissent dus à l'action du toxique sur le myocarde.

Chez les *mammifères*, la première période est beaucoup plus longue et plus évidente : les animaux s'agitent, la respiration s'accélère ainsi que les battements du cœur ; ils ont des nausées des vomissements, de la diarrhée, parfois du ténesme. La pression artérielle augmente un instant pour diminuer ensuite. La deuxième phase est de courte durée : les convulsions surviennent et sont accompagnées rapidement d'un arrêt respiratoire.

La température rectale, mesurée au thermomètre, diminue de 0°5 à 0°8; l'examen calorimétrique ne fait pas découvrir de différence bien nette dans un sens ni dans l'autre.

La mort est produite par un arrêt respiratoire et non par une syncope cardiaque, bien que le Tanguin agisse en même temps sur le cœur et sur la respiration.

Chez *l'homme à l'état physiologique* et à la dose de 0,15cg, le Tanguin détermine des étourdissements, de la céphalalgie persistante, des coliques, de la diarrhée, des vomissements et une faiblesse générale. Mais cinq à dix centigrammes ne produisent rien de semblable : à cette dose, l'action du poison de Madagascar se borne à donner quelques coliques et une ou deux garde-robes. A *l'état pathologique*, le Tanguin produit ces mêmes effets. Il nous a paru être utile dans les cas de constipation, de rétention d'urine et dans les cas de tremblements, à la dose de cinq à dix centigrammes.

NOTE

SUL LES

SACS LARYNGIENS DES SINGES ANTHROPOÏDES

Par MM. DENIKER et BOULART.

Nous devons à l'obligeance de M. le professeur Pouchet d'avoir pu étudier le larynx d'un certain nombre de singes anthropoïdes, appartenant aux genres Chimpanzé (*Troglodytes*) Orang (*Simia*) et Gorille (*Gorilla*).

Nos observations ont surtout porté sur les sacs laryngiens, organes dont la présence a été depuis longtemps signalée, mais sur lesquels, particulièrement pour les genres Chimpanzé et Gorille, il n'existe en réalité que peu de détails.

Genre Chimpanzé.

Traill (1) signale la présence de deux sacs laryngiens chez le Chimpanzé, mais ils ne donne pas les dimensions des sujets observés par lui, il note cependant que chez une femelle de 75 centimètres de hauteur, le sac gauche était plus développé que le droit.

Vrolik (2) n'en trouve qu'un seul chez l'adulte.

C. Mayer, dans un mémoire couronné en 1845 par l'Académie des sciences (3), dit n'avoir pas rencontré de sac à l'extérieur du larynx chez un Chimpanzé femelle de 1 mètre et 17 cent. Il signale néanmoins au-dessus de la corde vocale supérieure, une cavité qui se prolonge jusqu'à la base de la langue.

Duvernoy a trouvé sur trois exemplaires non adultes et ayant seulement leur arrière molaire, deux réservoirs aériens petits et communiquant dans chaque ventricule du larynxpar une ouverture comme celle des Orangs et des Gorilles (4).

(1) *Observations on the Anatomy of Orang-Outang*, Mem. of the wernerian nat. hist. society, t. III, p. 40, Edimbourg, 1821.

(2) Vrolik. *Recherches d'anatomie comparative sur le Chimpanzé.* Amsterdam, 1841.

(3) C. Mayer. *Uber den Bau des organes der Stimme bei dem Menschen, den Säugethieren und einigen grossen Vögeln.* Verhand. der K. Léopole dinisch-carolinischen akademie der naturforscher, t. XV.

(4) Duvernoy. *Des caractères anatomiques des grands singes pseudo-anthropomorphes*, Arch. du muséum, t. VIII (1855-56), p. 204.

Ehlers (1) a vu deux sacs chez l'adulte ♀, sacs dont le droit était considérable, tandis que le gauche mesurait à peine deux centimètres ; il cite les travaux de Sandifort et de Bischoff qui ont constaté la présence de deux sacs chez les Chimpanzés jeunes et adultes, mais il oublie de signaler l'observation de Broca (2), sur les sacs d'un jeune Chimpanzé, et le remarquable travail de MM. Alix et Gratiolet (3), qui porte sur l'anatomie d'un Chimpanzé femelle mesurant 0m,50 de la fourchette sternale à la vulve. Voici ce que disent ces auteurs : « Entre les cordes vocales supérieures et inférieures, s'ouvrait de chaque côté un vaste ventricule qui, en avant, se prolongeait et formait une cavité remarquable par la manière dont elle se terminait. A droite cette cavité formait simplement un cul-de-sac situé entre l'os hyoïde et le cartilage thyroïde. A gauche la cavité se prolongeait en un large conduit qui se place sous le muscle thyro-hyoïdien. Ce canal gagnait la ligne médiane puis se dilatait en une ampoule qui, d'une part envoyait derrière le corps de l'os hyoïde un vaste diverticulum et, d'autre part, communiquait par un col rétréci avec un grand sac étalé au-devant et sur les côtés du cou. Ce sac, dans sa partie médiane, atteignait le sternum et s'étendait à un centimètre environ sur les insertions sternales des muscles sterno-mastoïdiens. De chaque côté ce muscle émettait un prolongement formant une poche latérale qui descendait au-dessous de la clavicule jusque sur la base de l'apophyse corocoïde.

La partie antérieure du sac est recouverte par une forte aponévrose qui s'attache au bord inférieur de l'os hyoïde et s'étend entre les deux muscles sterno-mastoïdiens ».

Les Chimpazés que nous avons été à même de disséquer, au nombre de quatre, étaient de jeunes femelles. Le plus petit mesure 0m,53 centimètres du vertex au talon; le plus grand 0m,72 centimètres. Les deux autres respectivement 0m,58, 0m,62.

Chez ces quatre sujets nous avons constaté que les deux sacs, semblables à l'origine, se différenciaient dans la suite, le sac droit restant rudimentaire et le sac gauche acquérant des di-

(1) Ehlers. *Beiträge zur Kenntniss des Gorilla und Chimpanzé.* Abhandl. der K. Gesel. der Wissensch zu Göttingen. 1881, p. 53.

(2) Broca. *L'Ordre des Primates,* mémoires d'Anthropol. de Broca, t. III. Paris, 1877, p. 121.

(3) Gratiolet et Alix. *Recherches sur l'anatomie du Troglodytes Aubrii.* Nouv. Arch. du Muséum, t. II (1865-66).

mensions notables; nous avons reconnu, en outre, que les deux sacs ou poches en question apparaissent tout d'abord comme deux petites vésicules de la grosseur d'un pois, simple hernie des ventricules de Morgagni qui se montrent latéralement entre le bord supérieur du cartilage thyroïde et le bord inférieur du corps de l'hyoïde sous le muscle sterno-hyoïdien.

Ces vésicules ne se voient point à la simple inspection de la région et ce n'est qu'en poussant une injection à la cire colorée par les ventricules du larynx, que nous avons été à même de discerner leur présence.

Voici du reste, quant à ce qui touche au réservoir en question, les mesures que nous avons relevées sur les quatre sujets examinés par nous.

1° *Chimpanzé* ♀, 0m53 (pl. IV, fig. 1) (1). — Les deux sacs se montrent après avoir sectionné le muscle sterno-hyoïdien, comme deux petits réservoirs globuleux, égaux entre eux, et mesurant cinq millimètres de diamètre. La petitesse de ces poches nous porte à penser qu'il serait inutile de les chercher chez un sujet au-dessous de 50 centimètres et nous sommes d'autant plus fondés à émettre cette opinion, que le développement de ces organes est très rapide. Notre animal avait déjà toutes ses dents de lait. Un chimpanzé presque aussi jeune, examiné par Broca, prosentait à gauche un sac ayant le volume d'un pois; « à droite le prolongement ventriculaire était plus petit encore et ne traversait même pas la membrane thyro-hyoïdienne. »

2° *Chimpanzé* ♀, 0m,58 (pl. IV, fig. 2) (2). — Les deux sacs sont ici inégaux; celui du côté gauche commence à se pédiculer en même temps qu'il s'élargit à sa partie inférieure. En un mot il tend à devenir pyriforme.

Longueur : 1 centimètre et 8 millimètres.

Largeur maxima : 1 centimètre.

La poche droite a conservé sensiblement la même dimension et la même forme que dans le sujet n° 1.

3° *Chimpanzé* ♀, 0m,62 (dit Bobo) (pl. IV, fig. 3 et 5) (3). — Poches toujours inégales; celle du côté gauche mesure :

Longueur : 2 centimètres.

(1) Pièce provenant de la Galerie d'Anatomie Comparée du Muséum, A 4553.
(2) Gal. Anat. Comp. A 4553.
(3) Gal. Anat. Comp. A 4553.

Largeur : 1 centimètre et 2 millimètres.

La poche du côté droit a perdu un peu de la forme globuleuse qu'elle avait dans les deux sujets précédents. Elle tend à s'allonger tout en conservant de très minimes dimensions.

Longueur : 9 millimètres.

Largeur : 5 millimètres.

4° *Chimpanzé* ♀, 0m,72 (pl. IV, fig. 4) (1). — Cet animal avait été en partie disséqué et la poche gauche ouverte et lacérée. Cependant d'après les lambeaux qui subsistaient, on peut conjecturer qu'elle mesurait 6 centimètres de long.

La poche droite est toujours rudimentaire. Elle mesure un centimètre de longueur.

Ces quatre observations jointes à celles de Traill et de MM. Gratiolet et Alix, semblent démontrer que chez le Chimpanzé femelle il existe deux sacs, que ces deux sacs apparaissent de bonne heure et que l'un d'entre eux, le gauche, prend un développement très supérieur à l'autre. Une seule observation, celle d'Ehlers, qui a vu chez un adulte ♀ le sac droit plus développé que le gauche, empêche de considérer ces données comme une règle générale.

Genre Gorille.

Si du genre Chimpanzé nous passons au genre Gorille, nous trouvons la même pénurie d'observations.

Duvernoy (2), dans son troisième mémoire sur les caractères anatomiques des grands singes anthropomorphes, décrit les poches laryngiennes d'un jeune Gorille et d'un adulte sans donner, à l'égard du premier, des renseignements sur son sexe et ses dimensions.

Les poches, dans le jeune, d'après cet anatomiste, se montraient dans l'intervalle existant entre le cartillage thyroïde et le corps de l'hyoïde, entre les deux muscles sterno-hyoïdiens. Il en existait deux autres, également symétriques, qui faisaient saillie dans l'espace compris entre le bord supérieur du cartilage thyroïde et la corne thyroïdienne de l'hyoïde, entre le bord externe du muscle thyro-hyoïdien et le ligament thyro-hyoïdien externe.

(1) Pièce existant au Laboratoire d'Anatomie Comparée du Muséum, 1883. n° 8661.

(2) L. c. p. 201.

Les deux poches du même côté communiquent, d'après Duvernoy, l'une dans l'autre par une cavité commune dont elles sont les prolongements. Cette cavité remontait au-dessus de la corne thyroïdienne de l'hyoïde sur les côtés de l'épiglotte, en dehors de la membrane aryteno-épiglottique.

Chez le mâle adulte, décrit par le même auteur, il existait un réservoir aérien principal impair d'où partait, de chaque côté, un diverticulum qui se portait sur les parties supérieures et latérales du cou, en s'élevant jusque derrière l'angle de la machoire inférieure; il était placé à l'intérieur des muscles sterno et omohyoïdien.

La poche impaire et médiane descendait sur le devant du thorax en fournissant successivement une seconde et une troisième branche de chaque côté. La seconde branche, la moyenne, se dirigeait en dehors de la première, au-devant de la clavicule, sous le muscle sterno-cleïdo-mustoïdien et gagnait le dessus de l'épaule. Enfin, la troisième, la plus considérable, pénétrait sous la portion claviculaire du deltoïde, sous le tendon du grand pectoral et sous celui de la seconde portion du petit pectoral; il gagnait l'aisselle ainsi que les côtés de la poitrine.

Il ressort de cette description, que chez l'adulte étudié par Duvernoy, les deux sacs communiquaient entre eux. Cette communication nous paraît douteuse. Nous avons pu, en effet, constater la présence, chez deux Gorilles ♂ et chez un Gorille ♀, de deux poches laryngiennes distinctes.

D'autre part, Ehlers (1) a décrit chez une femelle adulte deux sacs, dont le droit, très volumineux, se prolongeait jusqu'aux aisselles, tandis que le gauche était relativement petit.

Enfin, Bischoff (2) n'a vu qu'un seul sac chez une jeune femelle de 60 centimètres de hauteur. Ce sac, situé à droite, était de la grosseur d'une noisette.

Les trois Gorilles sur lesquels ont porté nos observations mesurent l'un 93 centimètres du vertex au talon, l'autre $0^m,65$ et le troisième $0^m,58$.

1° *Gorille* ♂ $0^m,93$ (3). — Comme chez le mâle adulte étu-

(1) L. c. p. 49.

(2) Bischoff. *Beiträge zur Anatomie des Gorilla* (*Abh. der K. Bayer. Akad. der Wissen.* II° cl. XIII, 3e Abth. p. 42, Munich, 1880).

(3) Lab. Anat. Comp. 1883, n° 1083.

dié par Duvernoy, il ne semble exister chez ce sujet, à première vue, qu'un réservoir aérien médian remontant également sur les parties latérales du cou jusque derrière l'angle de la mâchoire inférieure, et se prolongeant inférieurement en deux branches subdivisées elles-mêmes en deux prolongements gagnant l'un la clavicule, l'autre l'aisselle. Ayant injecté ce sac, au suif, nous avons vu notre injection ressortir par le ventricule droit. Une autre injection poussée par le ventricule gauche a pénétré dans un autre sac de la grosseur d'un œuf de poule et complètement recouvert par le premier auquel il adhérait intimement.

2° *Gorille* ♂, 0m,58 (1). — Du côté gauche, un sac pyriforme de 2 centimètres et 8 millimètres de long. Du côté droit, se voit une petite poche de 5 millimètres de long sur 4 millimètres de large. La poche gauche dirigée de dehors en dedans, occupe la ligne médiane du larynx; la poche droite est recouverte par le muscle sterno-hyoïdien du même côté.

Le sac gauche avait sa portion rétrécie, ou son pédicule, logé dans la profonde excavation dont est creusé le corps de l'hyoïde chez le Gorille, et y adhérait intimement.

3° *Gorille* ♀, 0m,65. — Ce sujet appartenant à la Faculté des sciences de Caen, et que l'un de nous a pu étudier, offrait du côté droit un sac rudimentaire de la grosseur d'un pois (pl. I, fig. 3, *s d*). Le sac gauche, au contraire, était déjà bien développé. Long de 0m,095, large de 0m,020 et placé sur la ligne médiane, il descendait entre les muscles sterno-hyoïdiens en haut, et les muscles sterno-mastoïdiens, en bas, jusqu'au bord supérieur du sternum.

Rétréci en haut, il s'élargissait ensuite et offrait dans sa portion supérieure, à droite, une petite dilatation de la grosseur d'un pois (pl. III, fig. 1), et qui probablement était le rudiment de la branche latérale supérieure ou maxillaire, ou bien le diverticulum que le sac envoie dans le tambour de l'hyoïde (voy. Duvernoy, l. c. pl. XII, fig. D, b, et Ehlers, pl. III, fig. 10).

En fendant la paroi du larynx, à partir de la corde vocale supérieure, on voit le prolongement antérieur du ventricule aboutir à un orifice assez large. La muqueuse du ventricule et celle du sac sont en continuité.

(1) Lab. Anat. Comp. 1884, n° 339.

Du côté droit, le prolongement du ventricule a l'aspect d'un cul-de-sac en forme de nid, tapissé par la muqueuse et faisant saillie au dehors, dans le petit sac droit.

En résumé, laissant de côté l'observation de Duvernoy qui, comme nous l'avons dit plus haut, nous paraît erronée, nous pensons pouvoir établir qu'il existe toujours deux sacs chez le Gorille mâle, que ces deux sacs restent distincts l'un de l'autre, tout en s'accolant plus au moins étroitement l'un à l'autre dans la suite du développement et que c'est tantôt l'une des poches, tantôt l'autre qui prend le plus d'accroissement. Quant à la femelle, tout porte à croire qu'il existe également, chez elle, deux sacs inégaux. Ehlers en a constaté la présence, comme nous l'avons déjà dit, chez une femelle adulte, et nous-mêmes les avons vus chez une femelle de $0^m,65$. Bischoff, il est vrai, n'a trouvé qu'une seule poche chez un sujet ♀ de $0^m,60$, mais il est probable qu'il a négligé d'insuffler ou d'injecter l'autre réservoir ce qui fait qu'il n'a pu l'apercevoir en raison de la petitesse qu'il devait avoir. Il est bon d'ajouter que c'est tantôt le sac droit tantôt le sac gauche qui prend le plus grand développement.

Notons pour terminer, ce qui a trait au genre Gorille, qu'ayant eu l'occasion de disséquer un fœtus de Gorille de 6 mois, l'un de nous n'a trouvé, ce qui du reste était à prévoir, aucune trace des sacs laryngiens.

Genre Orang.

C'est Camper qui le premier, en 1779, a signalé les sacs de l'Orang. Camper décrit (1) : 1° deux sacs chez une jeune femelle longue de 11 pouces rhénans, du menton au pubis; le droit, volumineux, long de 73 millimètres; le gauche, beaucoup plus petit, dépassant à peine le bord inférieur du cartilage cricoïde ; 2° chez une femelle de 13 pouces du menton au pubis : deux sacs fusionnés, le sac droit beaucoup plus grand que le gauche et descendant jusqu'au milieu de la poitrine.

Camper décrit encore les sacs de trois autres Orangs, dont il ne donne ni le sexe ni les dimensions, mais dont l'un, plus âgé, avait du côté droit un sac qui descendait jusqu'à l'extrémité du sternum et de chaque côté sur la clavicule et sous les aisselles.

(1) P. Camper. *Naturgschichte des Orang-Utang und einiger andern Affenarten* (trad. allem.). Dusseldorf, 1791, p. 157.

Mayer (1) a étudié trois sujets dont un mâle et deux femelles. Il a trouvé chez tous deux sacs et il a constaté que dans l'un le sac droit avait les dimensions d'un œuf d'oie, tandis que le gauche était de la grosseur d'une noisette. Chez l'autre, le sac gauche était plus grand que le droit. Enfin, dans le troisième, qui était une femelle, les sacs étaient à peu près égaux.

Sandifort (2) signale la présence d'un seul sac chez le jeune Orang et de deux poches chez l'adulte.

Vrolik (3) a constaté l'existence de deux sacs chez trois jeunes et d'un seul chez l'adulte.

Comme on le voit, les données sur les poches des Orangs sont très contradictoires, et il est en réalité fort difficile d'en tirer aucune conclusion. Voilà pourquoi il nous semble utile de relater les observations que nous avons pu faire sur deux femelles et quatre mâles du genre en question.

1° *Orang-Outang* ♀, $0^m,65$ (4). — La poche gauche et la poche droite sont sensiblement égales.

Poche gauche pyriforme :

Longueur : 5 centimètres ;

Largeur : 1 centimètre et 8 millimètres, inclinée de dehors en dedans et de haut en bas.

Poche droite sensiblement de même forme, mais dirigée de dedans en dehors :

Longueur : 4 centimètres ;

Largeur : 3 centimètres et 2 millimètres.

2° *Orang-Outang* ♂, $0^m,52$ (5). — Poches droite et gauche encore sensiblement égales. Poche gauche dirigée parallèlement à la trachée et mesurant 3 centimètres 1/2 de long sur 2 centimètres de large.

Poche droite. Longueur : 4 centimètres. Largeur : 3 centimètres 1/2 ; de forme ovoïde.

3° *Orang-Outang* ♂, $0^m,48$ (6). — Deux poches. La poche droite

(1) Loc. cit.

(2) Sandifort. *Ontleedkundige beschrijving van een volwassen Orang-Œtan.* — Verchandelingen over der naturlijke geschiedeniss der niderland besittingen. Leyde, 1840.

(3) Loc. cit.

(4) Lab. Anat. Comp., 1880, n° 1521.

(5) Lab. Anat. Comp., 1864, n° 99.

(6) Lab. Anat. Comp., 1880, n° 1482.

plus volumineuse que la gauche, de la grosseur d'un œuf de pigeon. Poche gauche globuleuse, de la dimension d'une noisette.

4° *Orang-Outang* ♂, 0m,60. — Deux poches; celle du côté droit beaucoup plus développée, reniforme, est appliquée transversalement sur le larynx. Son bord inférieur dépasse un peu le cartilage cricoïde. Longueur: 2 centimètres 1/2. Largeur: 6 centimètres.

La poche gauche est petite, globuleuse, et mesure 2 centimètres de diamètre.

5° *Orang-Outang* ♂, 0m,65 (1). — Deux poches; celle du côté gauche beaucoup plus développée que la droite. Forme comme dans le sujet précédent. Longueur : 11 centimètres. Largeur : 6 centimètres et 9 millimètres.

Poche droite faiblement pédiculée.

Longueur : 41 millimètres;

Largeur : 32 millimètres.

6° *Orang-Outang* ♂, 0m,80 (2) (pl. III, fig. 2 et 3). — Deux poches; la gauche beaucoup plus grande que la droite.

Le sac gauche, en forme de cornemuse, dirigé transversalement, s'applique par son bord supérieur contre l'arcade de la mâchoire inférieure qu'il déborde latéralement et couvre toute la région cervicale jusqu'au second anneau de la trachée. Ce réservoir se prolonge inférieurement sous le muscle sterno-hyoïdien en un diverticulum qui pénètre jusque sous la clavicule.

Le sac droit disposé perpendiculairement au précédent, n'a pas de prolongement. Sa forme est elliptique. Il s'étend jusqu'à la clavicule et mesure 11 centimètres de long sur 9 centimètres de large.

En ne tenant compte que de ces six observations, on voit, quant à ce qui touche aux individus femelles, qu'il existe chez le jeune deux sacs sensiblement égaux, mais que l'un d'entre eux, tantôt le droit, tantôt le gauche, présente des dimensions un peu plus fortes. Quant aux sujets du sexe mâle, on constate également qu'il existe deux poches, que ces poches offrent une inégalité très marquée, et que c'est aussi tantôt la droite, tantôt

(1) Gal. Anat. Comp. A. 2547.
(2) Lab. Anat. Comp., 1880, n° 4528.

la gauche qui prend l'accroissement le plus considérable. En rapprochant ces observations de celles de Camper, de Sandifort, de Vrolik et autres, on arrive à cette conclusion qu'il existe dans la règle deux sacs aussi bien chez le mâle que chez la femelle; que ces deux sacs sont surtout inégaux chez le mâle, le gauche ou le droit se développant davantage. Sendifort signale, il est vrai, la présence d'un seul sac chez le jeune, mais les observations que nous avons été à même de faire nous ont montré qu'un des sacs est généralement très petit chez les Singes anthropomorphes et peut, par conséquent, échapper à l'observation.

Quant à l'opinion de Vrolik qu'il y a deux sacs chez le jeune et un seul chez l'adulte, on ne peut, ce nous semble, l'expliquer qu'en admettant que les observations de cet anatomiste ont porté sur des sujets chez lesquels un des sacs ayant pris seul un accroissement considérable, recouvrait et cachait l'autre, arrêté de bonne heure dans son développement.

Il nous reste, pour terminer cette note, à dire quelques mots de la circulation dans les poches laryngiennes, à l'égard de laquelle il n'existe qu'une courte note, relative au Gorille, d'Ehlers (1).

« Je n'ai, dit cet auteur, remarqué qu'une branche assez grosse et qui mérite une mention spéciale à cause de sa particularité morphologique. Elle naît de l'anostomose médiane des artères crico-thyroïdiennes entre le cricoïde et le thyroïde. C'est une branche médiane impaire qui se dirige en bas et s'applique à la face postérieure du grand sac impair ».

Voici ce que nous nous avons constaté sur l'Orang de $0^{m},80$.

Chez cet animal, le sac gauche avait comme nous l'avons dit, la forme d'une cornemuse et couvrait la région cervicale jusqu'au troisième anneau de la trachée, en même temps qu'il se prolongeait inférieurement jusque dans la clavicule. A 16 millimètres environ de l'artère thyroïdienne inférieure, presqu'au même niveau que la faciale se montrait un court tronc artériel (pl. III, fig. 3, A) qui se divisait en trois branches : l'une est la linguale, (pl. III, fig. 3, *l*) l'autre (homologue à la branche hyoïdienne de l'ar. laryngée sup.) passe au-dessous de l'hyoïde et s'anostomose avec celle du côté opposé (pl. III, fig. 5, *ls*). Enfin, la troisième (pl. III, fig. 3, *as*), longue et grêle, donne à la sur-

(1) L. c. p. 55.

face du sac laryngien de nombreuses branches qui s'irradient à la face supérieure et inférieure de l'organe en question. La disposition est la même du côté droit, sauf que les vaisseaux sont ici moins nombreux et plus fins.

Chez le Chimpanzé, la distribution des vaisseaux est un peu différente. Nous avons remarqué, en effet, sur le sujet de $0^m,65$ (Bobo), que la thyroïdienne se subdivisait en trois rameaux. L'un, le supérieur, est la linguale; l'autre (art. laryng. supér.) passe sous l'hyoïde et s'anostomose avec celui du côté opposé en fournissant quelques petits rameaux grêles à la poche gauche (pl. IV, fig. 5).

Enfin, la troisième branche fournit l'artère crico-thyroïdienne (pl. IV, fig. 5, *ct*) qui s'anostomose avec celle du côté opposé et ne montre aucune trace de l'artère médiane observée par Ehlers, sur le Gorille. Elle émet simplement une artériole (pl. IV, fig. 5, *k*) qui se perd dans le muscle sterno-hyoïdien. On voyait aussi à la face antérieure de la poche quelques veinules se réunissant en deux petits troncs anastomosés qui se jettent dans la jugulaire interne.

EXPLICATION DES PLANCHES III ET IV.

Lettres communes à toutes les figures :

h. Os hyoïde.
t. Cartilage thyroïde.
cr. — cricoïde.
g. Glande sous-maxillaire.
sh. Muscle sterno-hyoïdien.
d. — digastrique.
o. — omo-hyoïdien.
sd. Sac laryngien droit.
sg. — gauche.
x. Prolongement claviculaire du sac.
m. Membrane thyro-hyoïdienne.
cl. Clavicule.
c. Artère carotide primitive.
ce. — — externe.
ts. — thyroïdienne supérieure.
ct. — crico-thyroïdienne.
as. — *du sac laryngien*.

PLANCHE III.

FIG. 1. Sacs laryngiens d'un jeune gorille femelle, grandeur naturelle.

sm, muscle sterno-mastoïdien; *l*, ganglion lymphatique; *dv*, diverticulum latéral du sac laryngien gauche.

FIG. 2. Sacs laryngiens d'un orang-outang adulte en place; $\frac{1}{4}$ de grandeur naturelle.

FIG. 3. Mêmes sacs déjetés des deux côtés pour montrer la distribution des vaisseaux à leur surface; $\frac{1}{2}$ grandeur naturelle.

ci, artère carotide interne; *A*, tronc commun naissant de l'artère carotide externe et donnant trois branches: l'artère hyoïdienne (?) (*ls*), l'artère linguale (*l*) et l'artère du sac (*as*).

PLANCHE IV.

FIG. 1. Sacs laryngiens d'un très jeune chimpanzé, grandeur naturelle.

FIG. 2. Sacs laryngiens d'un jeune chimpanzé, grandeur naturelle.

FIG. 3. Sacs laryngiens d'un jeune chimpanzé femelle, grandeur naturelle.

FIG. 4. Sacs laryngiens d'un chimpanzé presque adulte, grandeur naturelle.

FIG. 5. Région cervicale antérieure d'un jeune chimpanzé (le même dont les sacs sont représentés sur la fig. 3). Rapports des vaisseaux avec le sac laryngien, grandeur naturelle.

ji, veine jugulaire interne à laquelle aboutissent, par l'intermédiaire de la veine faciale, les veines de la région du larynx; *ls*, artère laryngée supérieure donnant une branche (*a*) à la glande sous-maxillaire et une autre (*l*) au sac larynger; *k*, artériole venant de l'anastomose des artères crico-thyroïdiennes et se ramifiant dans le muscle sterno-hyoïdien; *gt*, glande thyroïde; *p*, sa tunique se continuant avec celle du thymus.

MESURE DU TRAVAIL EFFECTUÉ

DANS LA

LOCOMOTION DU QUADRUPÈDE

Par André SANSON

Professeur de zoologie et zootechnie
à l'École nationale de Grignon et à l'Institut national agronomique.

I

A la façon de la locomotive, le moteur animé quadrupède ne peut déployer du travail utile qu'à la condition de se déplacer lui-même. Il accomplit sa fonction en transportant une charge sur son dos, ou en exerçant des efforts de traction par l'intermédiaire de traits d'attelage, absolument comme la locomotive. Dans le dernier cas, la valeur de l'effort est facile à obtenir. Il suffit d'interposer un dynamomètre entre les traits et la résistance pour mesurer cette valeur. Le diagramme tracé par l'instrument enregistreur donne ce qu'on appelle le tirage. En multipliant la valeur de l'effort moyen déduit du diagramme par le chemin parcouru, on a le travail effectué. Il n'en est pas de même au sujet du travail moteur déployé pour le déplacement du moteur lui-même, dans ce dernier cas comme dans celui du transport à dos de la charge, où celle-ci se confond d'ailleurs avec son propre poids, en s'y ajoutant.

Une singulière interprétation des phénomènes fait parfois considérer comme mécaniquement nul ce travail moteur, par un raisonnement dont les auteurs de recherches sur l'alimentation du cheval de trait (1) donnaient encore récemment un exemple. « Le cheval, disaient-ils, pour produire ce travail extérieur mesurable est obligé de déplacer son corps, de parcourir une certaine longueur sur une piste située dans un plan horizontal. Bien que, au point de vue mécanique, il n'y ait aucun travail produit (celui qui, par le déplacement vertical des jambes

(1) L. Grandeau et Leclerc. *Annales de la science agronomique française et étrangère*, t. II, 2e fascicule, p. 390. Paris, 1885.

ou du corps, est positif pendant l'élévation, devient négatif dans l'abaissement, en sorte que le travail final est égal à zéro), on trouve cependant que le cheval dépense ses forces, et s'il passe du repos à la marche, par exemple, qu'un supplément de nourriture lui est nécessaire pour le maintenir dans un même état d'entretien (Ration de transport).

« On conçoit aisément, ajoutent les auteurs, que cette dépense de force est fonction du poids du cheval et du chemin parcouru. En conséquence, nous avons pris pour mesure de l'énergie dépensée ou de l'effet utile dans ce mouvement, pour nous servir du terme consacré, le produit du poids du cheval par le chemin parcouru. Cette nouvelle donnée, qu'il ne faut pas confondre avec le travail kilogrammétrique extérieur fourni par la traction, et que nous avons eu soin d'inscrire à part, nous permettra de comparer plus facilement les résultats que nous avons obtenus avec chacun de nos chevaux. »

Le présent mémoire a pour objet de montrer que dans le déplacement horizontal du cheval ou de tout autre animal quadrupède, il y a production de travail mécanique réel, conformément à sa définition classique, et de fournir le moyen de mesurer ce travail, c'est-à-dire de le calculer en kilogrammètres. Les efforts déployés par les muscles pour opérer ce déplacement équivalent à un certain poids élevé à une certaine hauteur, ou à un véritable travail mécanique, et ce travail équivaut, de son côté, à une certaine quantité d'énergie dépensée, ne pouvant être restituée que par les aliments. S'il n'y avait pas travail mécanique intérieur ou extérieur, il n'y aurait point perte de poids (1). C'est pourquoi l'on constate que, même dans le cas du simple déplacement du corps, un supplément de nourriture est nécessaire pour maintenir ce poids en état d'équilibre. Pour un cheval, dépenser, comme on le dit, ses forces sans produire du travail, est contradictoire.

Antérieurement, d'autres interprétations également erronées, mais relatives à l'analyse des mouvements nécessaires pour déplacer le corps, ont conduit à des résultats tout ausi peu acceptables. Pour se transporter, a-t-on dit, l'animal doit vaincre, d'un côté, les oscillations verticales de son poids, et, de l'autre, faire

(1) Voy. André Sanson, Mémoire sur la source du travail musculaire, etc. *Journ. de l'anat. et de la physiol.*, t. XVI (sept.-oct. 1880).

glisser son corps dans la direction horizontale. Poisson (1) a admis que le centre de gravité du corps décrit un arc de cercle dont le rayon est la longueur de la jambe. Dès lors, pour lui, le travail correspond au soulèvement vertical dans cet arc de cercle, en outre de celui relatif au mouvement horizontal du centre de gravité.

Ces hypothèses de Poisson n'ont pas été reconnues d'une justesse irréprochable par les frères Weber. Ils ont introduit des corrections dans les calculs du mécanicien français, en substituant à la hauteur à laquelle s'élèverait le centre de gravité dans l'orbite circulaire, celle à laquelle il atteint au moment où le membre antérieur, arrivé à la position verticale, est subitement levé. A la place de la force vive que, d'après Poisson, le corps entier gagne dans la première moitié du pas, pour la reperdre dans la seconde moitié, les frères Weber ont posé celle que gagne le membre soulevé pendant le temps qu'il se soulève et qu'il reperd au moment où il touche le sol. Ils ont donné la formule de la vitesse que ce membre soulevé possède au moment du soulèvement, et aussi celle du soulèvement vertical du centre de gravité du corps.

C'est d'après ces formules que O. Kellner (2) a calculé le travail de transport effectué par le cheval attelé au manège dynamométrique dont on se sert à Hohenheim depuis une série d'années, sous la direction d'Émile Wolff, pour étudier le rapport entre l'alimentation et le travail moteur. Les recherches de Hohenheim ont déjà établi, comme nous l'avons fait voir ailleurs (3), que la production de l'urée croît proportionnellement à ce travail, contrairement aux résultats apparents de recherches antérieures mal instituées, entre autres par Fick et Wislicenus. Et il sera bon de faire remarquer, à ce propos, que la conclusion relative à l'urée ne pourrait point être affectée par une erreur éventuelle dans le calcul du travail de transport, attendu que, dans les expériences, la valeur admise pour ce travail est constante. Les variations n'ont porté que sur le travail extérieur mesuré par le manège dynamométrique.

Dans le cas considéré par O. Kellner, le calcul de la première

(1) Poisson. *Traité de mécanique*, t. II, § 688. Paris, 1833.
(2) O. Kellner. *Landw. Jahrbücher*, t. IX. Berlin, 1880.
(3) André Sanson, Mémoire déjà cité.

formule des frères Weber a donné, pour un cheval du poids vif de 500 kilogrammes, dont les quatre membres sont évalués à 120 kilogr. (30k pour chacun), un travail de 5,20 kilogrammètres pour un pas. Le manège a 26m,39 de tour et le cheval parcourt la piste en 18 pas. Cela fait, en nombre rond, 100 kilogrammètres pour un tour de manège (exactement 93kgm,60). Pour 100 tours ou un chemin parcouru de 2,639 mètres, c'est conséquemment 10,000 kilogrammètres en nombre rond, En calculant la seconde formule, relative au soulèvement vertical du corps, l'auteur arrive à un produit de 40,000 kilogrammètres, également en nombre rond. Cela fait donc, pour les 100 tours de manège, un travail total de transport de 50,000 kilogrammètres, tout à fait indépendant du travail de traction. Kellner a bien soin de faire observer que son évaluation prétend seulement à une exactitude approximative. Il ne se dissimule point que les données relatives à la position du centre de gravité, soit du corps, soit des membres, ainsi qu'au poids de ces derniers, ne sont elles-mêmes que des évaluations approchées.

Ces données fussent-elles d'une exactitude rigoureuse, le résultat du calcul n'en serait point pour cela plus conforme à la réalité. Les hypothèses admises par Poisson et par les frères Weber correspondent apparemment à la marche de l'homme, de la machine animale bipède (1). Elles ne s'appliquent que par un seul point au fonctionnement de la machine quadrupède. Bien souvent a été commise l'erreur consistant à assimiler la marche de celle-ci à celle de deux hommes se suivant à une faible distance et liés entre eux par une tige rigide, et faisant avancer leurs pieds d'après un certain ordre. Les choses ne vont pas de la sorte. Il est avant tout nécessaire, pour poser dans ses véritables termes le problème qui nous intéresse, afin d'en obtenir la solution exacte, d'analyser physiologiquement la marche du quadrupède, sur le mécanisme de laquelle les auteurs cités, et bien d'autres encore, n'ont eu que des idées peu précises ou fort éloignées de la vérité.

Sur l'intérêt que peut avoir la solution de ce problème de mécanique animale, il est sans doute à peine besoin d'attirer l'attention. Etant donné que l'alimentation du moteur animé,

(1) Le travail effectué dans ce cas a été mesuré récemment avec plus d'exactitude par Marey et Demeny. *Comptes Rendus*. t. CI. p. 905.

pour assurer sa conservation en même temps que son fonctionnement utile, doit pourvoir à tous les travaux qu'il accomplit, c'est-à-dire à sa dépense totale en énergie, il ne peut évidemment être satisfait d'une façon scientifique à une telle exigence que par le calcul exact de tous ces travaux. On n'y arrive, par les voies empiriques, qu'au prix de longs tâtonnements. Ils ont, dans beaucoup de cas, coûté très cher, avant qu'on fût arrivé à l'équation. D'un autre côté, il est clair que le travail disponible, celui qui peut être utilisé pour nos besoins quelconques, ne représente jamais qu'une fraction plus ou moins forte du travail total de la machine animale, correspondant à l'énergie potentielle dont elle dispose et qui lui vient de ses aliments. Une portion de cette énergie se dépense nécessairement, comme on l'a vu au commencement, pour le transport du moteur; une autre portion pour son entretien, pour le fonctionnement de ses viscères, pour les mouvements de respiration, de circulation du sang, de digestion, de nutrition, etc. Plus sont fortes ces deux portions, plus l'autre, celle pouvant se transformer en travail disponible ou utile, se trouve réduite. Celle-ci étant seule exploitée, il importe donc, dans tous les cas, de l'agrandir le plus possible. On ne le peut qu'en ramenant les deux premières au strict nécessaire, et notamment la portion prise par le travail de transport, à beaucoup près toujours la plus forte des deux. La connaissance des données exactes de son calcul est pour cela indispensable. Et en outre il sera impossible sans elle d'arriver à l'évaluation, par différence, du travail disponible, et conséquemment de régler la charge, la vitesse et le temps de fonctionnement du moteur, de façon à ce qu'il y ait équation entre ce travail disponible et le travail utile exigé. Quand il n'est pas satisfait à cette équation, dans un sens le moteur est surmené et il périclite, dans l'autre, l'énergie est dépensée en pure perte.

Subsidiairement il faut ajouter que dans bien des recherches sur l'alimentation des moteurs animés, poursuivies en ces derniers temps et analogues à celle de Hohenheim dont il a été parlé plus haut, des conclusions peu précises ou décidément erronées auraient été évitées, s'il avait pu être tenu un compte exact du travail déployé dans le transport de ces moteurs.

II

L'animal quadrupède s'appuie sur une base de sustentation dont la figure est celle d'un parallélogramme rectangle. Chaque pied occupe un des angles de cette figure. Dans l'attitude de la station régulière, la base de sustentation étant sur le plan horizontal, le centre de gravité du corps est situé de telle sorte que la perpendiculaire abaissée de ce centre tombe toujours un peu en avant du point d'intersection des deux diagonales de la figure. Le poids du corps n'est donc pas également réparti entre des quatre points d'appui. La part des deux antérieurs est plus forte que celle des deux postérieurs. L'avant-train ou bipède antérieur est surchagé par rapport à l'arrière-train ou bipède postérieur. Les conditions de conformation de la machine animale expliquent cela sans difficulté. Il y a d'abord, en avant du bipède antérieur, le cou et la tête fournissant la plus grande partie de la surcharge et pouvant, par leurs attitudes diverses, en flexion ou en extension, la faire varier et déplacer ainsi le centre de gravité; puis le thorax et les viscères adominaux mobiles sur un plan un peu incliné vers ce dernier.

Cette situation normale du centre de gravité du corps est affectée, dans la station même, on le comprend bien, par la direction du plan de sustentation. Elle est portée en avant ou en arrière de l'intersection des diagonales de la base de sustentation, suivant que le plan de celle-ci est incliné dans un sens ou dans l'autre. Elle est portée aussi à droite ou à gauche du plan médian vertical, selon que l'encolure et la tête s'inclinent dans l'un ou l'autre sens. De la sorte, la répartition du poids cesse d'être égale entre les deux membres du bipède antérieur. L'un est surchargé, l'autre déchargé. Instinctivement, l'animal s'en sert pour reposer à tour de rôle ses membres, tout en restant debout et s'appuyant seulement sur trois pieds, le quatrième tout à fait soustrait à l'appui. C'est tantôt l'un des antérieurs et tantôt l'un des postérieurs. Cette station sur trois pieds est appelée libre, par opposition à l'autre qui est qualifiée de forcée. Elle est une attitude de repos; et la plus ordinaire quand l'animal n'est pas sous l'impression d'une excitation extérieure ou intérieure.

Les colonnes de soutien du corps, chez le quadrupède, sont disposées suivant des lignes brisées. Les os longs qui en cons-

tituent le squelette forment entre eux, conséquemment, des articulations angulaires, du moins pour la plupart. Pour qu'elles puissent remplir leur office, il faut donc que les angles soient maintenus au degré normal d'ouverture, sinon ces angles se fermeraient sous l'influence de la pesanteur et le corps tomberait sur le sol. Ils le sont par l'action des muscles extenseurs des leviers osseux, toujours pour cela en état de tension durant la station normale, et dépensant ainsi de l'énergie pour faire équilibre au poids du corps. C'est un travail mécanique réel, qui entre dans le compte de celui que nous avons nommé travail intérieur de la machine. Cette tension musculaire, qui n'est pas la contraction, est évidemment nécessaire; mais elle est en outre démontrée par ce qui se passe lorsque l'animal détend volontairement ses muscles ou lorsqu'ils sont frappés de paralysie. Dans le premier cas, le décubitus se produit par le seul relâchement des extenseurs; dans le second, il y a chute. La suspension volontaire ou la suppression subite, sous l'influence d'une lésion du centre nerveux, de l'excitation neuro-musculaire, a dans les deux cas le même résultat.

Telle est la fonction des membres, dans la statique de la machine animale quadrupède. Ce n'est pas cette fonction qui nous intéresse le plus, en vue du problème dont nous avons à nous occuper. Leur fonction dynamique, celle qu'ils remplissent dans les déplacements du corps en avant, dans la marche de la machine aux diverses allures qu'elle peut prendre est autrement importante, et elle est apparemment la moins bien connue. Toutes deux sont liées, toutefois, car il faut nécessairement que la machine passe de l'une à l'autre. Le point essentiel de notre recherche est précisément le passage de la première à la seconde. C'est pourquoi nous avons dû commencer par poser les conditions statiques exactes.

Sur la manière dont le quadrupède se donne l'impulsion qui doit porter son centre de gravité en avant et conséquemment déplacer ou transporter son corps, on chercherait en vain des indications précises dans les ouvrages de physiologie ou d'extérieur (comme on appelle ceux consacrés, depuis Bourgelat, spécialement à la mécanique animale), jusqu'à ces derniers temps. Les auteurs ont étudié avec grand soin l'ordre dans lequel les quatre pieds se lèvent et s'appuient, aux diverses al-

lures de la marche en avant, à celle du pas, du trot et du galop. Marey a fait le premier inscrire, par le cheval lui-même, à l'aide d'ingénieux appareils enregistreurs, cet ordre de succession, de manière à exclure tous les doutes. Le mécanisme de déplacement des membres, par l'extension succédant à la flexion, est aussi connu qu'on puisse le désirer. Mais il est à peine besoin de faire remarquer que ces mouvements coordonnés des quatre membres, se succédant par un ou deux à la fois, ne peuvent être pour rien dans le déplacement du centre de gravité. Aucun d'eux ne constitue le phénomène initial de la marche en avant. Ils peuvent tous se produire sans que la base de sustentation ait changé ni de figure ni de place. Les auteurs spéciaux le sachant fort bien, ont généralement attribué le déplacement à ce qu'ils ont nommé la détente du jarret, sans dire ce qu'il faut entendre par cette prétendue détente.

On n'en doit pas moins inférer, en toute justice, qu'ils ont saisi et reconnu le fait essentiel du mécanisme de la marche en avant, chez le quadrupède, en constatant que l'impulsion est donnée au centre de gravité par l'effort de l'un des membres postérieurs. Comment se produit cet effort? c'est ce qu'ils ne paraissent pas avoir cherché, leur esprit s'étant satisfait de l'idée de détente comme celle d'un ressort bandé; du moins nous n'avons trouvé nulle part la trace d'une recherche de ce genre. L'image était séduisante, à vrai dire, mais elle n'exprime qu'une analogie. La réalité est autre. Nous avons été le premier, sauf erreur, à analyser avec précision le phénomène mécanique en question; et c'est du résultat de son analyse que doit dériver la solution de notre problème.

Pour mettre en évidence ce résultat, il convient de se représenter le mécanisme des membres du quadrupède par une construction schématique comme le montre la figure 1. Les lignes de ce schéma reproduisent les leviers théoriques de la machine ou les droites unissant les centres articulaires des leviers osseux réels, de forme et de direction quelconques. Dans le membre postérieur, celui du coxal où le supérieur est solidement attaché au levier rachidien, qui en devient ainsi solidaire. Il n'en est nullement ainsi pour le membre antérieur. L'extrémité supérieure du levier scapulaire ne contracte avec le rachis que des attaches musculaires.

Considérant la machine en station forcée, c'est-à-dire supportée normalement par ses quatre colonnes de soutien, si les angles de la postérieure du bipède latéral visible sur la figure tendent à s'ouvrir par la contraction des muscles extenseurs de ses leviers articulés, les extrémités de la colonne tendront, de leur côté, par cela même, à s'écarter; en d'autres termes, le membre étant libre s'allongerait par le fait de l'ouverture de ses angles. Mais il rencontre à son extrémité inférieure la résistance du sol sur lequel il s'appuie, à la supérieure celle du poids du train postérieur. Sur un sol meuble ou susceptible de céder, dans une certaine mesure, à la pression, le sabot qui termine l'extrémité inférieure du membre marque son empreinte, jusqu'à ce qu'il

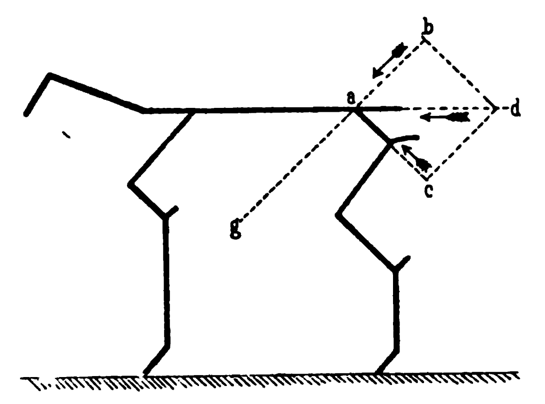


Fig. 1. — Schéma des leviers du quadrupède.

rencontre un point d'appui solide et pouvant réagir de telle sorte que le mouvement d'extension se transmette à l'extrémité supérieure, solidement fixée, comme nous le savons, à la tige vertébrale. Celle-ci, sollicitée de cette façon par une force oblique *ca*, s'élèverait par un mouvement de bascule sur le point d'appui du bipède antérieur, si la force était suffisante pour vaincre les obstacles qui lui sont opposés. C'est ce qui arrive dans le cas où les angles des deux membres tendent ainsi à s'ouvrir simultanément et où se produit le mouvement du train postérieur appelé double ruade. Dans celui que nous considérons, une autre force égale à la première et agissant angulairement par rapport à sa direction propre, intervient pour modifier la direction du mouvement. C'est la force *b a*, dont le sens est celui de la ligne qui joint le point d'application (*a*) de la première au centre de

gravité *g*. Ce point, avec lequel tous les autres de la tige vertébrale sont liés, se trouve ainsi actionné par deux forces égales et angulaires. Le sens du mouvement ne peut être que celui de la diagonale *da* du parallélogramme construit sur ces deux forces *ba* et *ca*, et l'on voit que ce sens est horizontal.

La tige vertébrale tout entière sera donc ainsi poussée en avant d'une quantité proportionnelle à l'intensité de l'effort déployé, entraînant avec elle le centre de gravité du corps. Cette quantité pourra être telle que la perpendiculaire abaissée du centre de gravité ne tombe plus dans l'intérieur de la base de surtentation, et en tout cas qu'elle soit assez près de son petit côté antérieur pour rendre tout équilibre stable impossible. C'est pour rétablir cet équilibre, pour éviter la chute infaillible en avant, que l'animal, aussitôt après qu'il s'est donné l'impulsion comme on vient de le voir, déplace instinctivement ses membres, faisant passer la figure de sa base de sustentation d'abord du rectangle au trapèze, puis de celui-ci au rhombe, puis de ce dernier encore au trapèze, puis enfin de celui-ci au rectangle de nouveau. Alors, ce qu'on appelle un pas complet a été accompli.

L'ordre dans lequel ces déplacements successifs ont lieu aux diverses allures est toujours le même pour chaque allure, à partir du premier membre qui se déplace. Et l'on n'aura pas de peine à comprendre, d'après ce qui vient d'être dit, comment il se fait que ce premier membre soit toujours l'un des antérieurs. Il s'agit de prévenir la chute en avant par le rétablissement d'une base de sustentation stable. Quant à la détermination du membre antérieur qui se lève le premier pour effectuer ce rétablissement, elle dépend de la loi de moindre résistance. Celui qui commence est toujours le moins chargé par la situation du centre de gravité, due à la position de la tête et conséquemment de l'encolure. Portée à droite du plan médian, la tête détermine le fonctionnement du membre gauche et inversement. Pour la même raison, c'est toujours le membre postérieur opposé en diagonale qui donne l'impulsion.

Que les choses se passent, dans l'allure du pas, comme nous venons de le montrer, il y a pour cela une raison excellente, qui dispenserait d'en faire valoir aucune autre : c'est que mécaniquement ces choses sont nécessaires. Mais il est facile d'en acquérir la preuve par l'observation, et nous ne manquons point

de la fournir à nos élèves, chaque fois que nous leur enseignons le mécanisme en question. Après avoir fait placer un cheval tenu par un aide intelligent, de telle sorte que sollicité à marcher il devra d'abord lever le membre antérieur droit, il suffit de porter son attention sur la cuisse gauche pour constater, au commandement de marche et avant tout mouvement du membre antérieur, la contraction du muscle ilio-aponévrotique ou fascia-lata, le plus apparent de tous les extenseurs parce qu'il est immédiatement sous-cutané. Dès que cette contraction s'est produite, en même temps que celle des autres extenseurs, avec des intensités variables sans doute selon la vitesse des allures, les mouvements de déplacement des membres commencent. Ils sont donc bien la conséquence de l'impulsion et non point sa condition déterminante.

Lorsqu'au transport du moteur doivent se joindre, de sa part, des efforts de traction sur une lourde charge ou sur une résistance intense, le phénomène mécanique reste au fond le même, mais il se présente sous des apparences un peu différentes. D'abord, pour donner aux muscles extenseurs du membre postérieur plus de champ d'action, l'animal commence par fermer plus ou moins les angles de ce membre en contractant leurs fléchisseurs. On dit vulgairement alors que pour tirer il s'accroupit. Ensuite il a besoin, pour que son effort entraîne la charge, pour qu'il soit efficace, de solides points d'appui sur le sol. Il les obtient en se cramponnant, en quelque sorte, des membres antérieurs, qu'il fléchit afin de faire pénétrer la partie tranchante de ses sabots, la pince armée du fer, dans la profondeur de la voie sur laquelle il chemine. Mais cela ne concerne pas notre sujet. Ces efforts extrêmes, que les chevaux sont si souvent obligés de déployer pour démarrer leur charge, se mesurent au dynamomètre. Ils sont fonction du travail extérieur, du travail utile, non du travail de transport du moteur, dont nous avons seulement à nous occuper.

Il est évident, après notre analyse, que dans ce transport à l'allure du pas, en aucun cas le centre de gravité du corps ne subit une élévation quelconque. Le corps de l'animal marchant à cette allure est toujours supporté par deux membres au moins, par un bipède latéral, puis par un bipède diagonal. Sa tige rachidienne reste conséquemment toujours à la même

hauteur ou à la même distance du sol. Le niveau de cette tige ne change point, et non plus dès lors celui du centre de gravité. L'introduction de l'hypothèse d'une élévation de ce centre dans les anciennes formules de calcul du travail est donc une erreur.

Le centre de gravité ne s'élève pas davantage dans la marche à l'allure du trot, bien que dans cette allure le corps ne soit plus supporté du tout, durant un court instant, dans l'intervalle des appuis. Les graphiques de Marey l'ont démontré d'une façon péremptoire. Il s'abaisse au contraire un peu au moment de ces appuis, pour reprendre aussitôt sa position première. C'est ce qui produit les réactions bien connues des cavaliers, réactions d'autant plus intenses et plus desagréables que l'allure est plus allongée ou que le corps projeté en avant vient de plus loin. La trajectoire du centre de gravité est donc plutôt au-dessous qu'au-dessus de l'horizontale.

Dans la seule allure du galop il en est autrement. Ici, cette trajectoire est une courbe ou un arc de cercle à rayon plus ou moins grand, selon la force initiale d'impulsion et conséquemment la vitesse. Plus celle-ci est grande, plus la trajectoire est tendue. Cela toutefois ne peut rien changer aux données de notre problème, à l'égard du travail de transport du corps.

Mais il y a en outre le déplacement des membres, quittant l'appui pour le reprendre comme nous l'avons vu. Dans les mouvements qu'ils accomplissent pour cela, le sabot s'élève à une certaine hauteur, variable suivant les individus et dépendante de leur conformation, surtout de la longueur de leur pied. Ce sont les fléchisseurs du pied, ceux de l'avant-bras et de la jambe, qui dans le cas effectuent le travail, en agissant sur des leviers du troisième genre ou interpuissants. La somme des travaux des quatre membres, relativement faible, est à joindre au travail de transport du corps, calculé sur les données dont nous connaissons maintenant la principale, qui est l'effort d'impulsion déployé par le membre postérieur. Il ne reste plus qu'à chercher la mesure exacte de sa valeur.

III

D'après ce qui précède, il est évident que la donnée essentielle du problème du travail de transport de l'animal quadrupède

consiste dans la mesure de l'effort déployé par les muscles extenseurs du membre postérieur, dont la contraction donne à son corps l'impulsion en avant. Le centre de gravité, dans l'allure du pas que nous considérons d'abord, n'est nullement élevé. Il ne l'est pas d'avantage dans celle du trot. Et c'est à ces deux allures que le quadrupède travaille le plus ordinairement. Il l'est un peu dans celle du galop; mais alors son élevation dépend de l'attitude prise au moment où l'impulsion va être donnée, et c'est toujours l'effort du même membre qui produit l'effet. La trajectoire du centre de gravité est parabolique au lieu d'être droite. La force initiale ne change pas pour cela de lieu. C'est donc cette force initiale qu'il s'agit de mesurer dans tous les cas.

On ne voit pas comment il serait possible de mesurer directement, avec les instruments dont nous disposons, cette force initiale où l'effort déployé par la contraction simultanée de tous les muscles extenseurs du membre où de quelques-uns d'entre eux seulement. Le nombre de ceux qui prennent part à l'action est évidemment variable selon l'intensité de l'effort nécessaire. L'intensité même de cet effort, pour chaque muscle en particulier, est également variable suivant l'état du système nerveux qui le provoque. C'est ce que nous avons établi dans un autre mémoire (1) et ce qui a été vérifié expérimentalement (2) depuis. Mais dans tous les cas elle ne peut être que proportionnelle à la résistance de l'obstacle qu'il s'agit de vaincre, et l'animal lui donne instinctivement la mesure nécessaire sans la dépasser. Que tous les muscles ou quelques-uns seulement se contractent pour faire effort sur la tige vertébrale du quadrupède, comme nous l'avons vu, par la tendance à ouvrir les angles articulaires du membre, il ne paraît point y avoir de procédé direct pour déterminer la valeur précise de cet effort. Du moins pour notre compte, nous n'en avons point trouvé. Est-ce à dire que la mesure en doive être reconnue comme décidément impossible? Tel n'a pas été notre avis. Nous avons pensé depuis longtemps, puisque notre première recherche sur ce sujet date du 15 février 1875, ainsi qu'en ferait au besoin foi notre registre de la-

(1) André Sanson. Recherches expérimentales sur la propriété excitante de l'avoine. *Journ. de l'anat. et de la physiol.* T. IX (mars-avril 1883.)

(2) Ch. Ferré. Série de communications à la Soc. de biologie, à partir de la séance du 11 avril 1885.

boratoire, qu'on pourrait être conduit au résultat par une voie indirecte. Ce résultat obtenu dès lors a été publié et il a servi de base à tous nos calculs ultérieurs sur le travail des moteurs animés, dans ses rapports avec leur alimentation. Mais le dispositif expérimental adopté pour nos recherches est resté inédit. Nous avons attendu, pour le faire connaître, que de longues vérifications vinssent justifier la parfaite exactitude du raisonnement d'après lequel il a été conçu et exécuté.

L'idée fondamentale de ce raisonnement est que, d'après le mécanisme précédemment expliqué, le quadrupède en marche peut être assimilé à un véhicule à quatre roues. Les articulations scapulo-humérales et coxo-fémorales représentent les moyeux de ces roues, à cela près que chez l'animal le moyeu n'a que son segment supérieur dans les cavités articulaires scapulaires et coxales, ainsi que l'essieu dans les têtes humérales et fémorales. Chez lui de même, au lieu que, dans la marche, les rais ou rayons de la roue fixés sur le moyeu et tournant avec lui sur les jantes, viennent successivement prendre la position verticale en quittant l'oblique, ou l'oblique après avoir quitté la verticale, selon qu'on considère d'abord les obliques ou les verticaux servant à l'appui, un seul remplit l'office et prend successivement, en raison de ses mouvements propres, les deux positions. Au fond le phénomène n'est pas différent. Seulement les segments de moyeu et d'essieu, mobiles l'un et l'autre, décrivent dans leurs mouvements des arcs de cercle en sens inverse, au lieu que le moyeu tourne autour du centre de l'essieu, entraînant, par l'intermédiaire des rayons, le cercle de la roue dans son mouvement. Chez l'animal quadrupède, les cavités articulaires représentant les segments de moyeu se meuvent sous l'impulsion qui leur est transmise par la tige vertébrale; les têtes ou segments d'essieu, par la flexion et l'extension qu'impriment aux leviers osseux dont elles font partie les propres muscles des ces leviers.

En considérant attentivement l'un des membres du quadrupède en marche, et mieux encore les photographies instantanées qu'on en peut prendre maintenant, comme celles de Muibridge, par exemple, il est facile de constater que ce membre occupe successivement toutes les positions qui sont simultanément celles des rayons de la roue situés en arrière et en avant du rayon vertical, pour le même chemin parcouru.

C'est donc bien cinématiquement le même phénomène, et dès lors il était permis de penser qu'en déterminant directement l'effort nécessaire pour faire cesser l'équilibre d'une construction d'un poids connu, établie d'après cette idée, le coefficient déduit du rapport entre la valeur de cet effort et celle du poids même de la construction pourrait s'appliquer sans chances d'erreur à l'animal quadrupède. Cette construction, nous l'avons réalisée sous la forme d'un petit charriot monté sur quatre roues sans jantes ou cercle (s'il est permis de s'exprimer de la sorte), tel que le représente la figure 2. Ce charriot est pourvu, à l'avant, d'un crochet d'attelage auquel s'attache une corde qui, à l'autre extremité, porte un plateau de balance. Un peu en arrière de ce plateau, elle est soutenue dans la situation horizontale par un support.

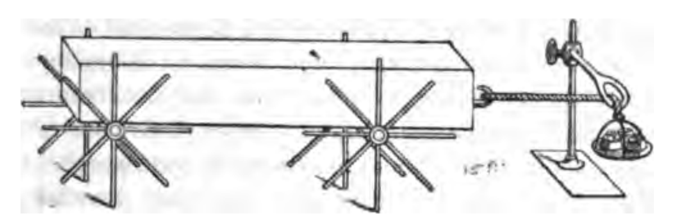


FIG. 2. — Appareil pour mesurer l'effort de marche.

Placé horizontalement sur une table, de façon à ce qu'il soit supporté par quatre rayons situés dans la position verticale, conséquemment en équilibre aussi stable que le permettent les segments courbes de ses essieux, à la façon du quadrupède, on détermine, par tâtonnement, le poids nécessaire et suffisant, sur le plateau de balance, pour lui faire perdre sa position d'équilibre et l'entraîner en avant jusqu'à ce que le rayon antérieur touche la table. Le charriot pèse 940 grammes. Pour faire perdre aux rayons qui le supportent leur position verticale, le plateau doit peser 50 grammes. Au-dessous de ce poids, il ne bouge pas. Si l'on surcharge le charriot de 500 grammes, ce qui fait un poids total de $940 + 500 = 1440$ grammes, il faut 75 grammes sur le plateau pour rompre l'équilibre, en d'autres termes pour déplacer le centre de gravité du système et le porter en avant. Chaque fois que l'expérience a été répétée, elle a toujours donné les mêmes résultats. C'est donc sensiblement 0,05 du poids total qui sont nécessaires pour vaincre l'inertie et déterminer la chute en

avant du système par le déplacement de son centre de gravité. Ou exactement $\frac{50}{940}$ ou $\frac{75}{1440}$ = 0,053. Cela correspond, pour un cheval du poids vif de 500 kilogr., à un effort de 25 kilogr.; soit à un travail de 25 kilogrammètres par mètre de déplacement du centre de gravité, à l'allure du pas, dont nous avons décrit le mécanisme.

Quelle peut être la valeur de cet effort aux allures du trot et du galop ? Il est évident, dès qu'on connaît leur mode d'exécution, que l'appareil ou le dispositif décrit ne peut plus suffire pour la mesurer. On conçoit bien qu'un poids plus fort, placé sur le plateau de balance, pourrait suffire pour entraîner le charriot et lui faire parcourir une certainé étendue, en appuyant successivement sur deux ou plusieurs des rayons fixés aux moyeux. Et c'est d'ailleurs ce que l'expérience démontre. Mais où serait alors l'analogie avec l'allure du quadrupède ? Il convient de faire remarquer, à l'occasion, que ce terme d'allure, en cinématique animale, n'a pas exactement le même sens que dans son emploi pour la marche des machines motrices en général. Pour celle-ci, le terme s'applique seulement à la vitesse de cette marche. D'une manière générale, la vitesse est bien impliquée dans les différences d'allure des moteurs animés, où l'on reconnaît une allure lente, qui est celle du pas, et des allures vives, qui sont celle du trot et du galop. Toutefois elle ne l'est pas nécessairement. Certains chevaux, par exemple, marchent au pas à une vitesse égale à celle de la marche au trot de certains autres. La signification du terme se tire donc ici seulement du mode d'exécution des mouvements, qui seul caractérise l'allure. L'effet utile de l'effort dépend des dispositions que présentent les organes de ces mouvements, et non pas toujours de son intensité, comme la vitesse de la locomotive, par exemple, dépend de la longueur du rayon de ses roues motrices.

Cependant on constate que pour un seul et même sujet, conséquemment pour la même disposition des leviers osseux des membres, le chemin parcouru dans un temps de trot ou de galop ordinaire, est en moyenne égal au double de celui qu'il parcourt en un pas. Si la longueur du pas est d'un mètre, celle du temps de trot ou de galop sera de deux. Ceci implique nécessairement que dans l'un et l'autre des deux derniers cas, la valeur de l'effort aura été elle même double, puisque le centre

de gravité a parcouru une distance deux fois aussi grande que dans le premier. Cela ne paraît pas contestable. La différence entre les points d'arrivée ne peut dépendre que de la force initiale déployée et ne lui être que proportionnelle. En conséquence on est donc autorisé à conclure que la valeur de l'effort déployé par les muscles extenseurs du membre postérieur qui donne au centre de gravité l'impulsion, dans les allures du trot et du galop, est le double de celle de l'effort déployé à l'allure du pas. Celle-ci étant 0,05 du poids vif, l'autre sera 0,10. Le travail du cheval de 500 kilogr. étant au pas de 25 kilogrammètres par mètre parcouru, sera dès lors de 50 kilogrammètres au trot ou au galop, pour la même distance.

Il est à peine besoin de faire remarquer que nous entendons par temps de trot ou de galop l'espace compris entre deux appuis sur le sol. On sait qu'entre ces deux appuis, aux allures en question, le corps n'est pas du tout supporté et que le centre de gravité parcourt une trajectoire. La vitesse de l'allure dépend encore plus de la durée de ces appuis que de la distance qui les sépare, c'est-à-dire qu'elle dépend surtout de la fréquence de repétition des efforts.

L'expérience a donné depuis longtemps et par avance une démonstration de l'exactitude du raisonnement que nous venons de faire. Il est reconnu, en pratique, que les chevaux ne peuvent travailler au trot, avec la même charge, que durant un temps ne dépassant pas la moitié de celui de leur travail au pas. La journée de travail effectif est, à l'allure du pas, de dix heures, à celle du trot elle n'est que de quatre à cinq heures. Depuis longtemps des expériences rigoureuses de Tredgold ont démontré que si le rendement d'un cheval qui travaille au pas est représenté par 1,000, il n'est plus que de 500 quand le travail s'accomplit au trot. Les chevaux de la poste de Paris, employés au transport des facteurs pour la distribution des lettres, produisent au maximum un travail utile de 800,000 kilogrammètres. Lorsque M. Dailly les emploie au travail agricole sur sa ferme de Trappes, il en obtient, d'après les calculs d'Hervé Mangon, 1,550,000 kilogrammètres. De même pour ceux des omnibus, dont les travaux aux deux allures sont sensiblement égaux. On ne risque donc pas de s'éloigner de la vérité en admettant que le coefficient nécessaire pour calculer l'effort déployé par le cheval pour dépla-

cer son corps à l'allure du trot et à celle du galop a une valeur double de celle que l'expérience indique pour l'allure du pas.

Mais le travail de déplacement horizontal du centre de gravité du corps n'est pas le seul qui se déploie dans la marche du quadrupède. Les membres se soulèvent pour se déplacer eux-mêmes et rétablir ainsi la base normale de sustentation, comme nous l'avons vu. Il a été dit que la somme de leurs travaux est pour cela nulle, sous le prétexte singulier qu'au travail positif succède un travail négatif d'égale valeur. C'est comme si l'on prétendait que le travail d'un marteau pilon, qui s'élève et s'abaisse de même, est lui aussi égal à zéro, en présence de la masse de fer qu'il étire par ses coups répétés. On a vu que de son côté, par des calculs exécutés à l'aide d'une formule de Poisson, rectifiée par les frères Weber, O. Kellner a été conduit à donner à ces travaux une valeur égale au quart de celle du travail de déplacement du centre de gravité du corps. Il y a eu méprise de sa part dans l'appréciation des données du calcul, due à l'interprétation fautive du mécanisme de la marche. Kellner a raisonné dans la supposition qu'il s'agissait, à chaque pas, de soulever la totalité du poids du membre, tandis qu'en réalité l'effort à déployer est de beaucoup moindre. Cet effort se réduit à ce qui est nécessaire pour soulever le sabot d'abord, par la flexion du pied, puis à fermer un peu les angles scapulo-huméral et huméro-radial dans le membre antérieur et à le coxo-fémoral dans le postérieur, afin de porter ces deux membres à la distance voulue au moment de l'appui pour que, à ce moment, ils prennent une situation verticale assurant la stabilité. A l'instant du lever, la situation du centre de gravité du corps est telle que le membre qui doit quitter le sol n'y exerce à peu près aucune pression : il est en quelque sorte suspendu au corps, au lieu de supporter, comme dans la station normale, une part de son poids. Dès lors, l'effort musculaire qui doit soulever le sabot par la flexion simultanée des articulations du pied n'équivaut, au plus, qu'au poids de ce pied et non pas à celui du membre tout entier. De même, ou à peu près, pour celui qui, après qu'il a été soulevé, doit le porter en avant.

Ce poids, on le comprend bien, est variable comme les individus. Il varie aussi comme la ferrure; et dans le temps nous avons montré, à ce point de vue, combien il importe que celle-

ci soit réduite au poids strictement nécessaire. Mais en l'évaluant à 2 kilogr. pour le cheval de 500 kilogr. pris déjà plusieurs fois pour exemple on ne s'éloigne sans doute pas de la réalité. Cela ferait donc, pour chaque pas complet, un poids total de 8 kilogr. à soulever, et par conséquent un effort total de même valeur à déployer. En moyenne, les sabots ne s'élèvent pas à plus de $0^{m},15$. Ce serait donc, pour chaque pas, un travail de $8 \times 0,15 = 1^{kgm} 20$. Supposons la moindre étendue de pas et fixons cette étendue à 1 mètre. Il y aura ainsi mille pas par kilomètre parcouru et conséquemment 1,200 kilogrammètres de travail déployés, soit pour un parcours de 20 kilomètres 24,000 kilogrammètres. Pour ce même parcours, le cheval de 500 kilogr. en aura, pour transporter son corps, déployé 500,000. C'est donc environ seulement un vingtième du travail total qui revient au déplacement des membres.

Cette fraction, toutefois, ne serait pas négligeable s'il était certain que notre dispositif expérimental donne avec une exactitude parfaite la représentation de ce qui se passe dans l'organisme vivant. Mais il est impossible de méconnaître que les surfaces de glissement de nos moyeux et de nos essieux ne sont point tout à fait aussi parfaites que celles des articulations qu'elles ont pour objet de représenter. Quelque soin qu'on prenne de les ajuster et de les huiler, elles ne peuvent être identiques aux surfaces articulaires munies de leurs cartilages et de leur synovie. Conséquemment, en réduisant d'environ un vingtième la résistance qu'elles opposent, par rapport à celle qui se produit dans l'appareil d'expérience, on ne doit guère s'écarter de la vérité. D'où il suit qu'on peut finalement admettre, comme première donnée du calcul du travail déployé pour le déplacement de l'animal quadrupède, le coefficient de 0,05 du poids vif pour l'allure du pas, et celui de 0,10 pour les allures du trot et du galop; soit, comme nous l'avons déjà dit, pour un cheval de 500 kilogr. un travail de 25 kilogrammètres à l'allure du pas, et un de 50 kilogrammètres aux deux autres, par mètre parcouru.

IV

L'exactitude suffisante de la conclusion théorique qui vient d'être formulée a été, du reste, vérifiée par le contrôle de l'expérience poursuivie dans un autre sens. Depuis que cette con-

clusion a été publiée pour la première fois, il y a maintenant plus de dix ans, de nombreuses recherches ont été exécutées, en France et en Allemagne, dans l'intention, non toujours avouée, de contrôler la valeur du nombre donné en même temps comme équivalent mécanique des aliments. A l'égard de ce dernier, il nous est permis de dire qu'elles ont toutes été confirmatives. Qu'on opérât sur des individus isolés ou sur des groupes plus ou moins nombreux d'individus, les moteurs animés ont toujours conservé leur poids en déployant un travail de 1,600,000 kilogrammètres, en nombre rond, par kilogramme de protéine alimentaire, c'est-à-dire digestible au maximum, consommé dans leur action journalière. Il y a donc là un moyen de vérifier sûrement les divers éléments de calcul du travail total, et en particulier celui qui nous occupe ici. Nous allons voir ce qu'il a donné. Ce sera la contre-preuve de nos déterminations expérimentales.

A la Compagnie générale des voitures de Paris, il se fait depuis plusieurs années, dans un laboratoire très bien installé et outillé, des recherches précises sur l'alimentation du cheval de trait, dont les résultats ont été publiés dans des rapports successifs (1). D'après ces résultats, un cheval ayant consommé en deux jours, dont un de repos, 2,026 gr. 69 de protéine, sur lesquels il fallait en retrancher 550 pour son entretien, soit 1,476 gr. 69 disponibles pour alimenter le travail total, a produit en travail utile mesuré au dynamomètre 1,634,138 kilogrammètres, correspondant, en équivalent mécanique, à 1,021 grammes de protéine. Il restait ainsi, pour alimenter le travail de transport du moteur, 455 grammes correspondant à 728,000 kilogrammètres. Or, le cheval pesant 388 kilogr. et ayant parcouru 18,254 mètres, son travail, calculé d'après le coefficient d'effort de 0,10, donne 708,255 kilogrammètres. On ne peut guère désirer une concordance plus grande. En calculant autrement, on trouve que la somme de ses travaux est de 2,342,293 kilogrammètres, correspondant à 1,463 gr. 4 de protéine. Sa ration en contenait 1,476 gr. 69, comme on l'a vu plus haut.

A la Compagnie générale des omnibus de Paris, on a opéré, dans des vues semblables (2), sur un groupe nombreux de che-

(1) Grandeau et Leclerc. Loc. cit.

(2) A. Müntz. Recherches sur l'alimentation et sur la production du travail. An-

vaux, dont le travail utile moyen journalier a été mesuré. Il a été d'abord reconnu, par des expériences répétées, que les 5/11 de la ration totale étaient nécessaires pour que ces chevaux conservassent leurs poids en restant au repos à l'écurie. La ration d'entretien ainsi déterminée contenait 628 grammes de protéine. La ration journalière totale des chevaux exécutant le service des omnibus et des tramways en contenait 1,535 grammes. Le poids moyen de ces chevaux était de 555 kilogr. Leur parcours journalier était de 16,642 mètres. Le tirage des voitures ou l'effort nécessaire pour les déplacer a été mesuré à 32 k. 2 par cheval.

Avec ces données précises, il est facile d'établir nos calculs de contrôle.

32,2 × 16.642 = 535.872 kilogrammètres de travail utile.
555 × 0,10 × 16.642 = 923.681 kilogr^mm de travail de transport du moteur, soit.... 1.459.553 kilogr^mm de travail total.

Des 1,535 grammes de protéine de la ration journalière il faut soustraire les 628 grammes nécessaires pour l'entretien. Il reste donc 907 grammes pour alimenter ce travail total de 1.459.553 kilogrammètres, ou pour dégager la quantité d'énergie qui lui correspond. A raison de 1.600.000 par kilogramme de protéine alimentaire, on trouve :

$$\frac{907 \times 1.600.000}{1000} = 1.451.200 \text{ kilogrammètres.}$$

Encore ici la concordance entre les deux nombres est aussi approchée que possible; et conséquemment la valeur attribuée au travail de transport du moteur, d'après le coefficient d'effort moyen admis, se trouve complètement confirmée.

Nous pensons qu'il serait superflu de chercher ailleurs d'autres vérifications. On en trouverait de même pour les chevaux de la poste de Paris et aussi pour ceux qui ont été attelés au manège dynamométrique à l'aide duquel ont été poursuivies durant plusieurs années les recherches de Hohenheim, sous la direction d'Emile Wolff. Déjà le travail déployé dans ce dernier cas a été calculé par nous (1), en vue de le rapprocher des quantités d'urée

nales de l'Institut national agronomique, 3e année, 1878-1879. Paris, 1881. Et Rapports du directeur de la cavalerie et des fourrages, 1884.

(1) Mémoire sur la source du travail musculaire. *Journ. de l'anat. et de la physiol.*, t. XVI (sept.-oct. 1880).

éliminées. On a montré alors, conformément à la conclusion de Kellner sur ce sujet, un rapport exact entre ces quantités et celles du travail dans ses diverses conditions, en admettant le coefficient 0,05 pour le calcul du travail de transport du poids de l'animal.

On voit donc que par les diverses voies suivies par nous et par les auteurs dont les résultats viennent d'être exposés, les coefficients déterminés pour les deux sortes d'allures de la marche des quadrupèdes se trouvent établis d'une façon tout à fait satisfaisante. Il est permis de s'en servir dans les calculs, soit du travail total, soit de la ration journalière suffisante pour alimenter ce travail en énergie, sans aucune crainte de s'éloigner sensiblement de la vérité ; car il ne paraît pas douteux, d'après tout ce qui précède, que l'effort déployé dans la marche du quadrupède au pas ne s'écarte guère de 0,05 de son poids vif et de 0,10 dans la marche au trot ou au galop.

Avec cela, si la vitesse et le temps de la marche sont connus, ou bien si le chemin parcouru a été mesuré, il suffit de peser le quadrupède pour obtenir toutes les données nécessaires au calcul du travail effectué dans sa locomotion.

RECHERCHES

SUR LES

INSECTES VÉSICANTS

(SUITE)[1]

Par H. BEAUREGARD

(PLANCHE V.)

§ 3. — Appareil digestif.

J'étudierai successivement les pièces buccales et le tube digestif.

I. — PIÈCES BUCCALES.

Dans leur constitution générale, les appendices buccaux des insectes vésicants présentent de nombreux traits communs en rapport avec le régime peu variable des diverses espèces de ce groupe. Tous ces Coléoptères sont en effet herbivores; quelques-uns seulement se contentent du pollen ou des parties les plus tendres des fleurs, tels les Nemognathes et les Cérocomes et ce sont aussi les seuls qui présentent dans l'organisation extérieure de la bouche des modifications appréciables. Aucune espèce n'est carnivore.

Comme c'est la règle chez les Coléoptères, on trouve chez les Vésicants, comme appendices de la bouche les pièces suivantes : un labre, une paire de mandibules, une paire de mâchoires avec palpes maxillaires et une lèvre inférieure avec palpes labiaux.

J'aurais fort peu de chose à dire qui n'ait été maintes fois répété dans les ouvrages entomologiques si je voulais m'en tenir à la description succincte de ces diverses parties de la bouche. Les caractères généraux de forme, de volume, de couleur des organes en question ont été signalés par tous les auteurs qui ont traité des insectes qui m'occupent.

Quelques-uns de ces caractères peu nombreux, il est vrai, ont

(1) Voir le numéro de Novembre-Décembre, 1885, page 483.

même été utilisés dans l'établissement des groupes et des genres.

On peut se demander par quel concours de circonstances les pièces buccales ont été si rarement prises en considération, malgré toute la valeur qu'il est convenu à juste titre de reconnaître aux caractères qui sont tirés de leur examen. Deux raisons me semblent pouvoir être invoquées. La première repose sur ce que j'ai dit plus haut des différences extérieures peu accentuées qui se montrent à un examen superficiel chez des animaux dont le régime est très sensiblement le même. La seconde se trouve dans ce fait que les entomologistes ont une tendance très marquée à faire de la taxomonie et non de l'anatomie comparée. Ils recherchent avant tout, chez les insectes qu'ils étudient et qu'ils décrivent, les caractères les plus apparents au risque d'accorder une trop grande attention à des particularités d'importance minime et de laisser dans l'ombre des caractères anatomiques d'une réelle valeur. Cette observation, incontestablement vraie pour ce qui concerne les organes internes qui ne sont connus que chez un nombre relativement très petit d'insectes est applicable aussi à l'étude des pièces buccales. On comprend facilement qu'il est très souvent impossible d'étudier les organes internes des insectes, parce qu'on n'en possède les spécimens qu'à l'état sec ou dans un état de conservation souvent imparfaite, mais il n'en est plus de même pour l'étude des pièces buccales, études que l'on peut faire sur tous les échantillons. Or, l'anatomie de ces organes n'a jamais été faite ou tout au moins d'une manière approfondie. J'aurai l'occasion de montrer qu'elle permet cependant de trancher d'une façon très nette des questions douteuses relatives à l'établissement des genres. Au surplus, qu'on relise les lignes suivantes écrites par Latreille (18). Je m'associe dans une large mesure aux considérations qu'elles mettent en avant :

« Quelle que soit, en fait de méthode entomologique la manière de voir, il est incontestable que la connaissance des organes de la manducation des insectes est *si l'on veut approfondir leur étude, un complément non seulement utile, mais nécessaire*. Il est encore certain que l'examen de ces parties n'exige point, malgré leur exiguïté, une attention extraordinaire ni l'usage du microscope composé et qu'à l'égard des faits, il n'y a jamais de variations importantes toutes les fois qu'ils sont recueillis par des observateurs patients et exercés. Mais l'emploi de ces considérations est-il indispensable dans l'établissement des genres? Voilà ce que contestent des naturalistes qui voudraient

faciliter l'étude de l'entomologie en faisant usage de caractères plus apparents. Je partage leur opinion, quant aux coupes génériques qui sont susceptibles d'être autrement signalées. Je suis aussi d'avis qu'on a abusé des principes introduits par Fabricius, qu'il en a le premier donné l'exemple, et que lorsqu'on est forcé de se servir des caractères fournis par les organes de la manducation, il faut autant que possible se restreindre aux parties que l'on peut observer sans dissection ou sans peine, et à imiter, à cet égard, Clairville qui n'emploie que les mandibules et les pattes. *Mais le désir de familiariser promptement les élèves avec cette science, ou d'être élémentaire, doit être subordonné à cette règle : qu'ici, de même que dans tous les animaux vertébrés, l'on ne peut établir aucune bonne coupe naturelle sans l'examen préalable de ces organes et que l'on ne peut réunir génériquement des animaux qui, quoique semblables par leur physionomie diffèrent néanmoins sous ce point de vue.* »

L'étude détaillée que j'ai faite des pièces buccales d'un nombre assez considérable (environ 200) d'espèces prises dans tous les genres de la tribu des Vésicants, m'a conduit aux mêmes conclusions. Je n'entrerai, pour le moment, que dans l'exposé des généralités, réservant pour un autre chapitre, les descriptions relatives à chaque genre et à chaque espèce. Mais, dès maintenant, on remarquera la constance des caractères dans chaque groupe déterminé. Je ferai voir en même temps par quelques exemples que ces caractères sont susceptibles de remplacer avantageusement ceux que, faute de mieux, l'on tire trop souvent de la couleur ou seulement de la consistance des organes, lorsqu'il s'agit d'établir la parenté d'espèces indécises. Enfin, j'ajouterai que les caractères sexuels sont ici généralement fort peu marqués, ou consistent dans des détails insignifiants.

Labre (1).

Le labre est formé chez tous les Vésicants d'une seule pièce saillante en avant de l'épistome, au-dessus des mandibules, qu'il recouvre presque complètement (voir fig. 1 et 2 ci-contre).

Sa face supérieure est ordinairement velue, principalement vers le bord antérieur et sur les côtés ; sur sa face inférieure est un épipharynx (fig. 2 E, *ep.*) consistant le plus souvent en deux bandes de poils convergeant en arrière. De consistance cornée et parfois même très dure chez un grand nombre d'espèces

(1) Contrairement à Brullé (19) et d'accord avec M. Milne Edwards (20), je ne considère pas le labre comme faisant partie des pièces buccales proprement dites. J'en parle dans ce chapitre, pour ne pas rompre avec les usages.

(*Mylabris, Meloe, Canlharis, Halosimus*), le labre peut être membraneux (*Cissites testacea, Cerocoma*, etc.).

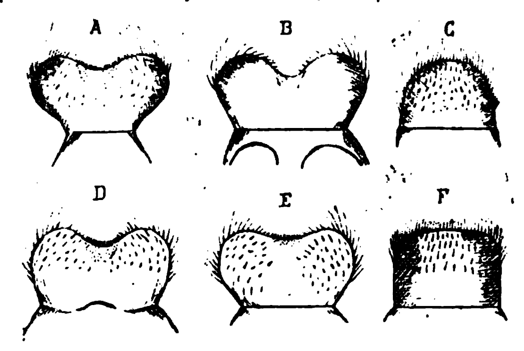


Fig. 1. — Types de labres, grossissement, $\frac{20}{1}$;
A, *Mylabris cichorii;* B, *Lytta pennsylvanica;* C, *Nemognatha lutea;* D, *Lagorina scutellata;* E, *Meloe proscarabœus;* F, *Cissites testacea.*

Son bord libre antérieur offre presque toujours en son milieu des poils d'une nature spéciale, probablement tactiles, qui se font remarquer par leur délicatesse. Ces poils, cylindriques ou obconiques, sont incolores, régulièrement pressés côte à côte en plusieurs rangées. Ils semblent être rétractiles, car suivant les conditions de préparation, ils deviennent très apparents ou cessent d'être visibles chez une même espèce.

Dans la grande majorité des espèces, le bord antérieur du labre est échancré. Mais on observe sous ce rapport de multiples variations non seulement d'un genre à l'autre, mais aussi entre les espèces d'un même genre. Ainsi, dans le genre Meloe, le *Meloe majalis* se fait remarquer ainsi que *Meloe proscarabeus* (fig. 1 ci-contre, E) par un labre à bord concave tandis que ce bord est profondément échancré au point que le labre semble divisé en deux lobes chez *Meloe rugosus*. *M. brevicollis*, *Meloe murinus*, etc. D'un genre à l'autre on observe des différences plus profondes encore. Échancré dans le genre *Cantharis* (fig. 2 C), le bord antérieur du labre est droit chez *Cysteodemus armatus*, convexe chez *Nemognatha*, *Zonitis*, *Gnathium*, etc. (voir ci-contre, fig. 1 C et fig. 2 B). Ces particularités contribuent à donner à la lèvre supérieure un aspect très caractéristique et qui a été fort employé pour la diagnose des genres.

La forme générale du labre ne présente pas moins d'intérêt. D'après les recherches que j'ai faites chez un grand nombre

d'espèces, cette forme m'a paru donner lieu à quatre types principaux bien tranchés entre lesquels toutefois on peut observer des formes de passage.

1er *type*. — (Fig. 1, ci-contre A et B). Cordiforme, à pointe dirigée en arrière, et tronquée de telle sorte que le bord antérieur est plus large que le bord postérieur qui s'attache à l'épistome. Dans cette forme, le bord libre est ordinairement concave ou profondément échancré en son milieu, et les angles antérieurs sont arrondis et proéminents. On l'observe chez le genre *Mylabris* et chez quelques espèces du genre Lytta (*L. erythrocephala*, *L. pensylvanica*).

2e *type*. — (Voir ci-contre, fig. 1 D et 2 C). Plus large que long, bords latéraux convexes. Bord antérieur ordinairement échancré ou concave, à peine plus large que le bord postérieur. Ce type s'observe dans les genres *Cantharis*, *Lagorina*, *Lydus*, *Hapalus*, *Œnas*, *Épicauta*, *Pyrota* avec quelques modifications de détail.

Le genre *Meloe* (fig. 1 E) offre un type intermédiaire aux deux précédents. En effet, le bord postérieur du labre est moins large que dans le second type et plus large que dans le premier. Somme toute, il se rapproche assez de l'apparence cordiforme qu'on observe chez les Mylabres.

3e *type*. — (Voir ci-contre, fig. 1 C et F, et fig. 2 A). Tout dif-

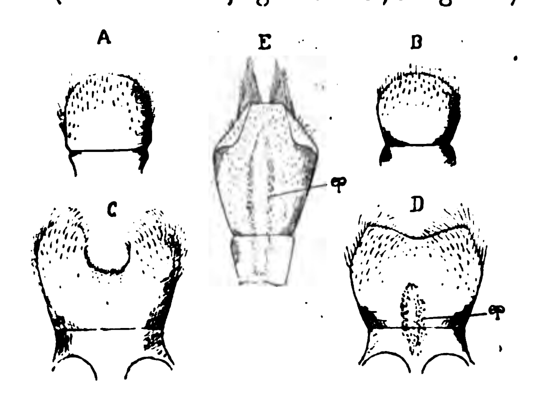


FIG. 2. — Types de labres, grossissement, $\frac{20}{1}$;
A, *Henous confertus*; B, *Zonitis mutica*; C, *Pomphopœa Texana*;
D, *Cantharis Dussaulti*; E, *Cerocoma Vahli* ♂.

férent des précédents, le troisième type appartient aux genres *Nemognatha*, *Gnathium*, *Henous* et *Cissites*. Le labre est plus long que large, son bord libre est convexe, ses côtés droits,

4ᵉ *type*. — (Voir ci-contre, fig. 2 B). Il se rapproche du précédent, mais il est proportionnellement moins long et est parfois coupé carrément en avant et obliquement sur ses côtés de manière à prendre une forme pentagonale. C'est ce qu'on observe chez *Sitaris humeralis* et chez *Zonitis bilineata*. Toutefois, chez les Zonitis en général le bord libre est convexe et la forme du labre se rapproche beaucoup de celle qu'on observe chez les Nemognatha. Enfin, on observe une forme assez aberrante chez les Cerocomes si remarquables d'ailleurs par les particularités que présentent leurs diverses pièces buccales (fig. 2 E). Dans ce genre, le labre très allongé est généralement décrit comme un organe bifide. Mulsant (17) dit : « labre plus long que large presque en fer de lance, fendu longitudinalement. » En réalité, il n'est point bifide. Il consiste en une lamelle membraneuse plus longue que large dont les angles repliés se réfléchissent en bas et dont le bord antériéur est droit. Il a somme toute une forme pentagonale. De plus, sur chacun des angles antérieurs, s'insère un pinceau de poils qui se projettent en avant et ont été considérés à tort comme deux lobes. En somme, le labre des Cerocomes rentre dans notre 4ᵉ type. Il n'est nullement bifide.

Il est à remarquer que les types que je signale sont très constants et peuvent compter parmi les caractères des genres. C'est d'ailleurs ce qu'avait très bien compris Mulsant qui ne néglige pas d'indiquer la forme du labre dans ses descriptions. Toutefois quand il s'agit de différencier les espèces, il n'y a guère à compter sur le labre pour aider à la diagnose.

Mandibules (1).

Les *mandibules*, robustes et de consistance cornée chez tous les Vésicants, se composent d'un corps épais, le plus souvent excavé à sa face inférieure. On y peut distinguer un *maxillaire* reconnaissable aux poils qui garnissent son bord externe épais et convexe, et un *galea* glabre, en forme de bec dont l'extrémité pointue, rarement obtuse ou tronquée se recourbe plus ou moins en dedans. Le galea termine la mandibule et en forme l'extrémité distale. Maxillaire et Galea sont parfois soudés complètement, mais une ligne de moindre épaisseur, plus transparente marque le plus souvent leur limite. Le bord interne de la man-

(1) J'adopte dans mon exposé la nomenclature de Brullé (Ann. des Sc. nat., 3ᵉ série, t. II, 1844).

dibule est formé pour les 2/3 antérieurs environ par le Galea et pour le 1/3 postérieur par une saillie quelquefois très épaisse qui représente le *sous-maxillaire* (molaire de Marcelle de Serres) et qui est toujours soudée intimement avec le maxillaire. Le sous-maxillaire occupe l'angle postérieur et interne de la base de la mandibule. L'angle externe étant prolongé par un condyle pour l'articulation avec la tête.

A l'union du sous-maxillaire, du maxillaire et du Galea, on observe sur le bord interne de la mandibule une échancrure profonde (1) ordinairement carrée, mais parfois réduite à une encoche triangulaire ou demi-circulaire. Cette échancrure supporte sur sa lèvre postérieure une pièce membraneuse velue.

Cette pièce est l'*Intermaxillaire* (*prostecha* de Kirby). Audouin avait reconnu l'existence de cette « membrane tendineuse jaunâtre qui occupe en partie le côté interne de la mandibule » chez la Cantharide; Brullé (19) en parle également et la décrit chez le Meloe et la Cantharide.

« Chez les Staphylins, dit-il, c'est un article biarticulé, revêtu d'un bouquet de poils. Chez les Blaps, c'est un gros mamelon membraneux, sorte de vésicule situés entre le sous-maxillaire bien développé et les dentelures robustes (Galea) qui terminent les mandibules. Les Meloe ont une vesicule du même genre située comme chez les Blaps, entre le sous maxillaire et le Galea; c'est encore un intermaxillaire membraneux. Les cantharides (*Lytta* ou *Cantharis Vesicatoria*) ont l'intermaxillaire conformé comme dans les staphylins, c'est-à-dire qu'il est comprimé et velu sur le bord, ce qui le distingue de l'intermaxillaire des Blaps et des Meloe. »

L'intermaxillaire, d'après mes recherches, existe chez tous les vésicants, plus ou moins développé et varié dans sa forme et sa structure.

Dans le genre *Cerocoma* (C. Vahli) (pl. V, fig. 16) il semble formé de deux parties; l'une supérieure qui répond peut-être à un prémaxillaire (*g*) est de consistance semi-cornée et couverte de longs poils groupés en une sorte de bouquet; l'autre, membraneuse, formant les 2/3 inférieurs de l'organe est mince et revêtue de petits poils fins, courts et serrés.

Ailleurs, l'intermaxillaire est membraneux dans toute son

(1) « Un peu au-dessus de la molaire, dit Audouin (14), dans sa description des mandibules de la cantharide, et sur le bord interne de la mandibule, existe une forte échancrure ou entaille quadrilatère qui avait échappé aux entomologistes. Cette échancrure existe chez presque tous les vésicants. »

étendue, à peu près linguiforme et appliqué plus ou moins intimement contre le bord interne des mandibules. Cette forme s'observe chez les espèces du genre Cantharis (*C. Vesicatoria, C. Nuttalli, G. Sphæricollis, C. Viridana*, etc.), ainsi que chez les genres *Lydus, Hapalus, Zonitis,* etc. (pl. V, fig. 12 et 13 et ci-contre, fig. 3 A *p*).

La forme vésiculeuse signalée par Brullé chez le Meloe, s'observe en effet chez la grande majorité des espèces de ce genre, et aussi chez les *Epicauta* (*E. Verticalis, E. callosa, E. ferruginea, E. pruinosa, E. vittata, E. strigosa*, etc.), les *Pyrota*, les *Macrobasis* (*M. Albida, M. Fabricii, M. Torsa*), le *Leptopalpus rostratus* le *Cissites testacea,* etc. (pl. V, fig. 5 et ci-contre fig. 3 D *p*).

Enfin, l'intermaxillaire est réduit à une très courte languette membraneuse, velue, chez quelques genres (*Hapalus, Tricrania*, etc.), (pl. V, fig. 16 et ci-contre fig. 3 A).

Dans un certain nombre de mes préparations j'ai constaté l'existence d'un axe central chitineux servant de support à la partie membraneuse de l'intermaxillaire (pl. V, fig. 5).

La nature des poils que porte l'intermaxillaire montre qu'on a affaire à un organe tactile. En effet, outre les poils aigus de consistance cornée qu'il porte sur presque toute sa surface, on observe des organes beaucoup plus délicats qui ont tout à fait l'apparence d'organes tactiles et qui se font remarquer par leur forme et leur répartition. Ce sont des sortes de papilles, roides, cylindriques ou coniques, généralement courtes, groupées régulièrement; sous ce rapport, les faits les plus curieux m'ont été offerts par l'étude de l'intermaxillaire chez *Meloe Majalis*, *Cantharis vesicatoria* et *Lagorina Scutellata.*

L'intermaxillaire de *Meloe Majalis* se présente sous la forme d'une sorte de vésicule trilobée dont le lobe externe, le plus court est à peu près sphérique et occupe en majeure partie l'échancrure de la mandibule. Le lobe moyen, cylindrique, est couché dans la concavité de la mandibule, tandis que le lobe interne, de même forme, mais un peu plus allongé, repose sur le bord interne. Tout l'organe est relevé d'un dessin polygonal formé par des épaississements en forme de petites écailles qui se relèvent et produisent de courtes saillies qui se transforment dans les 2/3 potstérieurs de l'organe en de longs poils cylindriques couchés obliquement et très serrés. Le bord externe du lobe in-

terne de l'intermaxillaire porte dans sa partie supérieure un épaisissement, sorte de lèvre saillante sur laquelle sont disposés régulièrement en une rangée des spinules roides, obconiques, chitineux et durs. Ces spinules sont localisés en ce seul point et ne se retrouvent sur aucune autre région de l'organe.

Ajoutons enfin qu'une expansion chitineuse, colorée en brun et couverte de semblables spinules, se voit lorsqu'on examine la face inférieure de la mandibule. Cette expansion qui remplit presque toute l'étendue de l'échancrure sert de support à l'intermaxillaire membraneux.

L'intermaxillaire de la *Cantharide* (pl. V, fig. 12 et 13), (C. Vésicatoria) a une forme bien différente. Il consiste en une sorte de lame linguiforme soutenue en son centre par une tige chitineuse légère et appliquée contre le bord interne de la mandibule. Toute la lame membraneuse est velue; en outre, sur une ligne correspondant à l'axe chitineux, on observe une série de petits faisceaux de spinules roides, épais et courts, également distants les uns des autres et groupés par 6 ou 10. Ces petits groupes de spinules semblent sortir chacun d'une sorte de calice formé par un relèvement de la membrane chitineuse tout autour de leur base.

J'ai observé une disposition toute semblable chez *Lagorina scutellata* (pl. V, fig. 1 et 2).

Comme il me serait impossible d'entrer dans une étude détaillée de toutes les particularités qu'on observe dans la structure des mandibules chez les nombreuses espèces qui composent la tribu des Vésicants, j'ai cherché pour les résumer, à grouper les principales modifications que présentent ces organes. Ils me paraissent pouvoir rentrer dans quatre types principaux comme suit:

1° Mandibules *semblables entre elles*, très robustes, cornées, à galea pointu et recourbé en dedans; *bord interne muni de une ou plusieurs dents* très irrégulières en général, et formées par des sortes d'entailles de ce bord. Échancrure profonde, *carrée*. Intermaxillaire *vésiculeux* en général, molaire *lisse*. Genres: *Pyrota*, *Epicauta*, *Lytta*, *Macrobasis*, *Meloe* (pl. V, fig. 3 et 14, et ci-contre, fig. 3 E).

Une modification consistant dans la forme de l'intermaxillaire qui est réduit à une lame linguiforme, se rencontre chez les genres *Cantharis*, *Henous*, etc. (pl. I, fig. 13).

2° Mêmes caractères que précédemment, mais, bord interne du Galea lisse et dépourvu de dents. Genres : *Cabalia segetum, Lydus ; chez Cysteodemus* et *Tegrodera*, l'extrémité du Galea est

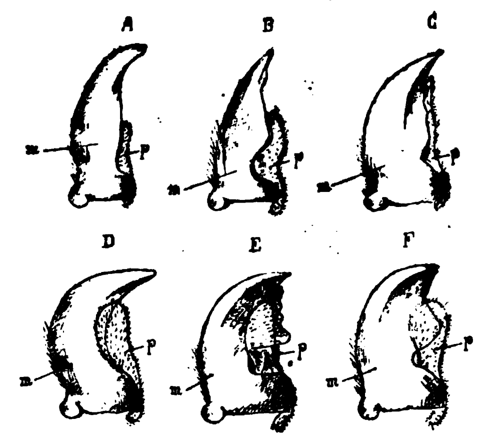


Fig. 3. — Types de mandibules, grossissement, $\frac{20}{1}$.
A, *Hapalus bipunctatus ;* B, *Nemognatha lutea ;* C, *Zonitis mutica ;* D. *Cissites testacea;* E, *Pyrota insulata;* F, *Cysteodemus armatus*.

bifide et la concavité de la face inférieure de la mandibule est extrêmement prononcée (pl. I, fig. 7, et ci-contre fig. 3 F).

Chez *Lagorina scutellata*, l'extrémité du galea est obtuse (pl. I, fig. 1).

3° Dans une troisième modification, les mandibules se font remarquer par l'absence complète d'échancrure au bord interne. Ce bord est lisse et fortement concave.

L'intermaxillaire est *vésiculeux* et le Galea s'avance en dedans en une longue dent. Genre *Cissites* (voir ci-contre, fig. 3 D).

L'intermaxillaire est *lamelleux*. Genres : *Sitaris, Cerocoma* (pl. V, fig. 6 et 15).

L'intermaxillaire est encore lamelleux, mais le bord interne de la mandibule est dentelé et une encoche porte l'intermaxillaire. Genres : *Pomphopœa, Zonitis, Nemognatha* (pl. V, fig. 4, et ci-contre, fig. 3 B et C).

Enfin, l'intermaxillaire est *rudimentaire* et le bord interne de la mandibule est presque droit ou à peine concave. Genres : *Hapalus* (*H. bimaculatus*), *Tricrania* (*T. Stansburii*) (pl. V, fig. 16, et ci-contre, fig. 3 A).

4° Un quatrième groupe comporte tous les genres dont le sous-

maxillaire (molaire) au lieu d'être lisse est hérissé de tubercules plus ou moins pointus, qui le transforment en une sorte de râpe. En général, l'échancrure de la mandibule est réduite à une encoche. Genres : *Halosimus, Œnas, Mylabris, Coryna* (pl. V, fig. 17 et 8).

Les *Mylabris* et *Coryna* offrent une très intéressante particularité qu'on ne retrouve nulle part ailleurs chez les Vésicants (1). Chez ces insectes, en effet, les mandibules sont *dissemblables*. Tandis que la mandibule droite est pourvue d'une très forte dent à son bord interne (pl. V, fig. 8, 9, 10 et 11), au-dessous de l'extrémité du Galea, la *mandibule gauche est inerme*.

Chez ces deux genres, en outre, le bord des mandibules offre une grande échancrure, mais celle-ci, au lieu d'être carrée ou triangulaire, consiste en une sorte d'entaille oblique, d'arrière en avant et de dedans en dehors qui donne à l'organe un aspect tout particulier et très caractéristique.

On peut dire que les genres Mylabris et Coryna seraient facilement distingués de tous les autres Vésicants au seul examen de leurs mandibules.

En exposant les caractères des mandibules chez les principaux genres, je ne me suis pas préoccupé des classifications adoptées. Par un simple coup d'œil on peut voir toutefois que ces caractères correspondent le plus souvent aux groupements ordinaires. Là où il semble y avoir des divergences, celles-ci portent sur des genres dont la place est douteuse. Cette observation vient à l'appui des considérations que je faisais valoir au début de cette étude des pièces buccales. J'aurai à y revenir d'ailleurs au sujet de l'examen des mâchoires. Je montrerai par quelques exemples que l'étude détaillée de ces divers organes si importants crée en réalité une réserve d'excellents matériaux qu'il sera possible de mettre à profit lorsqu'il s'agira de procéder à la diagnose des genres et des espèces.

Machoires.

(Pl. V, fig. 19 à 40). — Pour l'étude des mâchoires chez les Vésicants, il n'est pas de sujet plus convenable que les diverses espèces du genre *Pyrota* (ci-contre, fig. 4 A). Chez ces insectes,

(1) Cette particularité qui est passée sous silence par les auteurs et que je croyais avoir été le premier à observer a été signalée et figurée pour le genre Mylabris par Bilberg (21) dans sa monographie des Mylabres.

en effet, toutes les pièces des mâchoires sont reconnaissables et faciles à distinguer, tandis que dans tous les autres genres ces pièces sont plus ou moins soudées et confondues entre elles, au point qu'il devient souvent impossible de distinguer autre chose qu'un organe bilobé portant un palpe.

Je prendrai donc pour type la mâchoire des Pyrota, d'après mes recherches sur les *Pyrota Mylabrina, P. insulata, P. Germari* et *P. Afzeliana*. Les mâchoires sont en parties cornées et en partie membraneuses.

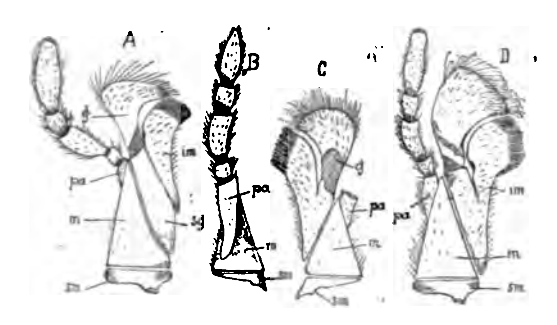


Fig. 4. — Types de mâchoires, grossissement, $\frac{20}{1}$; A, *Pyrota insulata*; B, *Meloe proscarabeus*, maxillaire et palpigère, face supérieure; C, du même, mâchoire, face inférieure; D, *Halosimus viridissimus*, $\frac{40}{1}$.

Les pièces qui les composent sont assez régulièrement disposées en trois séries linéaires placées côte à côte, savoir : d'arrière en avant, série interne : l'*intermaxillaire* et le *prémaxillaire*. Ces deux pièces sont soudées, comme cela s'observe d'ailleurs chez tous les Vésicants sans exception.

Série intermédiaire : *Sous-Galea* et *Galea*.

Série externe : *Sous-maxillaire, maxillaire*. Ce dernier portant le *palpigère* que termine un *palpe* de quatre articles.

L'*intermaxillaire* est ici, comme d'ailleurs chez tous les Vésicants, une pièce allongée, appliquée au bord interne de la mâchoire et couverte de poils plus ou moins serrés suivant les espèces. Cette pièce se termine à son extrémité distale par un faisceau de poils plus durs, plus longs et plus roides, disposés en brosse et tournés en dedans. Cette portion est celle qu'on désigne communément sous le nom de *lobe interne* de la mâchoire. Elle me paraît représenter le prémaxillaire soudé à l'intermaxillaire.

Kirby et Spence (16) pensaient que, parmi les Coléoptères,

l'intermaxillaire manquait chez les Scarabeoïdes et les *Nemognathes*. Brullé prétend qu'il n'en est rien et que l'intermaxillaire existe toujours; quand il ne paraît pas nettement, c'est qu'il est soudé au sous-galea. « C'est, dit cet auteur, le cas des « Lucanes et genres voisins. On retrouve, ajoute-t-il, cette dis- « position dans quelques Téléphores d'Amérique et dans les « Ripiphores, et *sans doute aussi dans les Nemognathes* que je « n'ai pu examiner. » Mes recherches sur de nombreuses espèces de Nemognathes (*N. lutea, N. bicolor, N. piezata, N. lurida, N. vittigera, N. immaculata*) confirment cette manière de voir. Chez tous ces insectes il existe un intermaxillaire, soudé, il est vrai, avec le sous-galea et le maxillaire, mais bien reconnaissable encore (pl. V, fig. 15).

Le *sous-galea* est une pièce rarement distincte. Chez les Pyrota, où il se montre nettement séparé du maxillaire, il consiste en un article allongé, couché obliquement entre le maxillaire et l'intermaxillaire. Par contre, chez *Leptopalpus rostratus* (pl. V, fig. 34 et 35), il offre un grand développement; de forme triangulaire, il empiète considérablement sur la place ordinairement occupée par le maxillaire qui se trouve ainsi proportionnellement très réduit. Le *Galea* offre chez les divers genres de la tribu de nombreuses variations. Le plus souvent il se montre sous la forme d'un triangle irrégulier dont le sommet tronqué est dirigé en arrière et confine au sous-galea, tandis que la base convexe ou plane porte des poils nombreux et épais en forme de brosse. Ces poils sont ordinairement plus serrés au côté interne du galea et y forment une houpe en avant de celle que forment les poils du sommet de l'intermaxillaire.

Les rapports du galea (lobe externe) et du prémaxillaire (lobe interne) sont tels que, dans la plupart des cas, le galea embrasse le prémaxillaire et se courbe pour le contenir dans la concavité de son bord interne.

Les espèces du genre Nemognatha offrent un galea d'une forme toute particulière et qui depuis longtemps a attiré l'attention des entomologistes. Il consiste en effet en une longue pièce conique recourbée en dehors à son extrémité terminale. Cette pièce (pl. V, fig. 25) est crénelée sur ses bords et particulièrement sur le bord interne les crénelures sont larges et profondes. Au premier coup d'œil, on croirait être en présence d'un organe

composé de nombreux articles superposés. Il n'en est rien cependant; le galea est formé d'un seul article. Au bord interne des poils très serrés et couchés les uns sur les autres se montrent dans toute l'étendue de l'organe.

Les Nemognathes sont les seuls insectes parmi les Vésicants qui offrent cette disposition. On en a rapproché les Zonitis sous le prétexte que le galea dans ce genre est terminé par un long pinceau de poils. Je ne vois pas en réalité qu'il y ait une assimilation possible entre ces deux formations. Le pinceau de poils du galea des Zonitis (pl. V, fig. 36 et 37) contribue il est vrai à allonger les mâchoires de ces insectes; mais, somme toute, ce galea a la même forme que chez la plupart des autres Vésicants.

Il n'en est plus de même du galea du Cérocome (pl. V, fig. 21 à 24). Chez Cerocoma Vahli ♂, par exemple, cet organe revêt une forme très irrégulière comparable à celle d'une massue tronquée obliquement au sommet. Membraneux dans une partie de son étendue, il est occupé en son axe par une tige chitineuse qui s'élargit en s'amincissant à mesure qu'elle se rapproche de l'extrémité libre. A quelque distance de cette extrémité, le galea porte sur sa face inférieure (pl. XI, fig. 22) un épaississement sinueux transversal couvert de spinules épais, coniques, disposés en une rangée, et qui non loin du bord interne se répandent en plus grand nombre sur une certaine étendue de la surface de l'organe. En outre, trois sortes de poils peuvent se distinguer sur le galea, savoir : 1° sur tout son bord libre antérieur, des poils allongés, grêles, hyalins, et terminés par une sorte de tête en forme de petite ventouse taillée obliquement (*c*, fig. 23) à la façon des poils des brosses qui garnissent les tarses des Mylabres; 2° sur la moitié antérieure du bord interne, des poils (*a*, fig. 24) ramifiés à leur extrémité en cinq ou six branches courtes et ondulées; 3° sur la moitié postérieure de ce même bord, des poils aigus, roides (*b*, fig. 24). — Cette complexité dans la structure est évidemment en rapport avec un rôle très actif du galea dans les fonctions de nutrition.

Le *sous-maxillaire* se présente à peu près toujours sous la même forme. C'est une sorte de lame étendue horizontalement à la base de la mâchoire, et pourvue sur son bord postérieur d'une assez longue apophyse pour son articulation à la tête et pour l'insertion des muscles.

Le *maxillaire* est toujours triangulaire. Le plus souvent il figure un triangle isocèle dont la base est en rapport avec le sous-maxillaire et dont le sommet atteint l'extrémité postérieure du galea et vient même parfois s'appliquer plus en avant au bord externe de ce dernier. Le maxillaire porte sur sa face supérieure le *palpigère*.

Palpigère. — Le palpigère est toujours très développé. Le plus ordinairement, il est comparable comme forme à l'article tibia des pattes, c'est-à-dire qu'il est conique, allongé, un peu courbe, à concavité externe. Toutefois dans quelques genres, *Cissites* et *Nemognatha* en particulier, il est court et large, tronqué à sa base ou fortement obtus (pl. V, fig. 25). Le palpigère est couché sur la face supérieure du maxillaire et occupe une grande partie de sa surface. Toujours il se prolonge jusqu'au bord externe de cette pièce, et c'est seulement en ce point qu'apparaît le palpe.

Palpe. — Le palpe maxillaire comprend, chez tous les vésicants, quatre articles superposés. Il existe de nombreuses variations dans la forme et les rapports de grandeur de ces articles entre eux. Je ne puis entrer ici dans ces détails. Qu'il me suffise de dire que d'une façon très générale (*Meloe*, *Cantharis*, *Mylabris*, *Œnas*, *Nemognatha*, *Zonitis*, etc.), le premier article est très court; le deuxième très allongé, plus ou moins cylindrique ou cyathiforme; le troisième, de longueur moyenne; le quatrième, enfin, aussi long ou plus long que le second, et ordinairement cylindrique.

Parmi les exceptions les plus remarquables que je ne peux cependant pas passer sous silence, je citerai le palpe des mâchoires des Cerocomes.

Chez Cerocoma Vahli, par exemple, espèce déjà remarquable par la forme et la situation du galea (voir page 98) le palpe maxillaire comprend un premier article (p^1, pl. V, fig. 38) long et cylindrique qui s'évase un peu à son extrémité distale. Cette extrémité évasée reçoit le second articel (p^2) presque complètement membraneux et qui a la forme d'une sorte de coupe dont la concavité assez profonde est couverte de saillies courtes et aiguës. Le troisième article (p^3), également membraneux forme un couvercle bombé qui se fixe à l'un des bords de la coupe, de telle sorte que les deux articles réunis constituent une pièce

composée de deux valves susceptibles de s'appliquer à peu près exactement l'une sur l'autre.

C'est, en somme, une sorte de cuiller capable de recueillir le pollen car j'ai toujours trouvé de nombreux grains renfermés entre les deux valves susdites.

Quant au quatrième article (p^4) du palpe maxillaire, il est subcylindrique, un peu vésiculeux et légèrement renflé à son extrémité. Il porte sur une de ses faces un organe dont il m'est absolument impossible d'apprécier l'usage. C'est une sorte de plaque cornée ovale, allongée parallèment au grand axe de l'article, et enfoncée en son milieu de manière à figurer deux lèvres dont les bords sont garnis de poils.

Enfin l'extrémité terminale du quatrième article est convexe et hérissée de petites papilles cylindriques de nature probablement tactile.

Je signalerai encore en passant le curieux palpe (pl. V, fig. 34 et 35) de *Leptopalpus rostratus* supporté par un long palpigère et formé de quatre articles dont les trois derniers très allongés à bord externe un peu convexe et à bord interne garni d'une brosse de poils donnent à la mâchoire une grande longueur. Rien de semblable ne s'observe chez les Nemognathes auxquels Lacordaire a réuni le Leptopalpus. Chez les Nemognathes en effet, l'allongement de la mâchoire est dû au développement singulier du *Galea* tandis que chez Leptopalpus il tient à l'allongement du *palpe*. Ces caractères, comme le dit fort bien Fairmaire (22), paraissent motiver suffisamment la séparation de ces deux genres que Lacordaire réunit, et j'ajouterai qu'on semble s'accorder à tort à réunir (voir Catal. de Gemminger et Harold 1870) encore aujourd'hui.

Pour compléter cet exposé général de la structure des mâchoires chez les Vésicants, je réunirai comme je l'ai fait pour les mandibules les principales formes qu'on peut observer en groupes qui permettent de saisir plus facilement l'ensemble des particularités qui distinguent ces appareils. En considérant le degré de soudure des diverses parties des mâchoires j'établirai quatre types comme suit :

Premier type. — Toutes les pièces sont distinctes sauf toutefois le premaxillaire qui, je l'ai dit, est toujours soudé avec l'intermaxillaire. — A ce type appartiennent les espèces du genre

Pyrota. — On peut leur rattacher le genre *Leptopalpus* (*L. rostratus*) qui se distingue toutefois par le grand développement du sous-galea au détriment du maxillaire et par l'allongement considérable du palpe (pl. I, fig. 34, et ci-contre, fig. 4 A).

Deuxième type. — Le sous-galea n'est plus distinct de l'intermaxillaire avec lequel il est complètement soudé. Parfois cependant, il reste une trace de différenciation du sous-galea, accusée par une encoche sur le bord interne de la mâchoire à l'extrémité postérieure de l'intermaxillaire et par une encoche semblable au niveau du premaxillaire (*Halosimus viridissimus*, *Œnas afer*, etc.) (pl. V, fig. 28, et ci-contre, fig. 4 D).

Tantôt l'encoche postérieure seule est apparente. Ex. *Mylabris variabilis* (pl. V, fig. 19). Ailleurs, au contraire, c'est l'encoche antérieure qui est seule apparente. Ex. *Meloe proscarabeus, M. lævigatus,* etc. (voir ci-contre, fig. 4 B et C).

Quoiqu'il en soit, ce second type est celui qu'on observe le plus fréquemment chez les Vésicants. Je citerai particulièrement les genres *Halosimus, Œnas, Cabalia, Mylabris, Meloe, Lagorina, Lydus, Cerocoma*, *Coryna* (pl. V, fig. 39, et ci-contre, fig. 5 A).

Le genre *Sitaris*, tout en présentant les caractères de ce groupe,

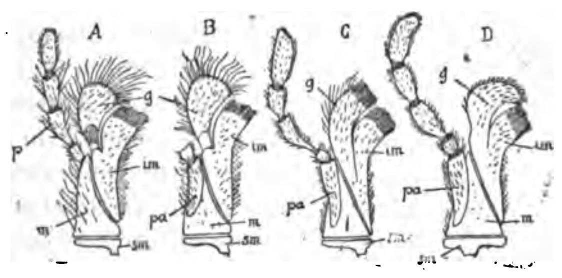


FIG. 5. — Mâchoires;
Grossissement, $\frac{25}{1}$: A, *Coryna distincta*, face inférieure;
B, du même, face supérieure avec palpigère *pa*;
Grossissement, $\frac{20}{1}$: C, *Henous confertus*, face supérieure;
D, *Epicauta verticalis*, face supérieure.
(Mêmes lettres explicatives que pour les figures des planches.)

s'en distingue cependant en ce que le sous-galea est soudé au maxillaire et non à l'intermaxillaire (pl. V, fig. 52).

Troisième type. — Le galea, le sous-galea, l'intermaxillaire et le premaxillaire sont soudés en une seule pièce bilobée située au bord interne du maxillaire. C'est le cas des genres : *Tegrodera*,

Henous, Cantharis, Macrobasis, Lytta, Epicauta, Pomphopœa, Cysteodemus (ci-contre fig. 5 C et D, et fig. 6 A).

Quatrième type. — Enfin, une dernière modification montre le maxillaire soudé lui-même avec les parties voisines. Le galea

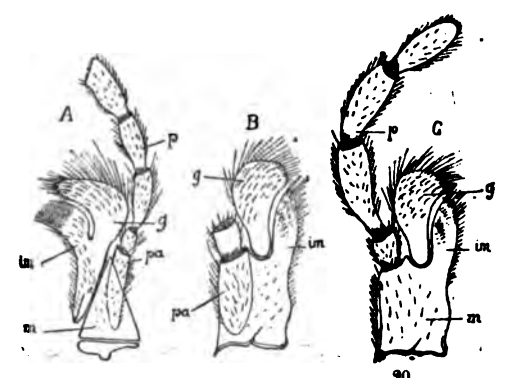


Fig. 6. — Mâchoires, grossissement, $\frac{20}{1}$;
A, *Macrobasis albida*, face inférieure; B, *Cissites testacea*, face supérieure;
C, *Cissites testacea*, face inférieure.

cependant dans ce cas reste distinct. Le sous-maxillaire et le palpigère restent également différenciés comme dans les trois premiers types; — à ce groupe appartiennent les genres *Hapalus (H. bipunctatus)*, *Cissites (C. Testacea)*, *Zonitis, Nemognatha* et *Gnathium*, (pl. V, fig. 30 à 37, et ci-contre, fig. 6 B et C).

Comme on le voit, par ce qui précède, le mode d'arrangement et la forme des pièces qui entrent dans la composition des mâchoires ne sont pas sans intérêt. Ils constituent des caractères dont la constance dans chaque genre mérite d'attirer l'attention; aussi me paraît-il indispensable d'en tenir grand compte dans l'étude des Insectes. J'ai montré plus haut par un fait frappant, à quelles erreurs conduit l'habitude de s'en référer aux caractères extérieurs, tels que la longueur des organes. Il me serait facile de multiplier les exemples qui montrent quel parti on pourrait tirer de l'étude approfondie des pièces buccales pour le classement des genres ou des espèces douteux.

C'est ainsi que si je veux intervenir dans le débat qui a eu lieu entre Mulsant et Fairmaire relativement à la place que doit occuper le genre *Hapalus*, je puis le faire en apportant des documents d'une autre valeur que ceux que l'on met ordinairement en avant, longueur des poils, disposition de ceux-ci en pinceaux, etc.

« Mulsant, dit Fairmaire (22), a rangé dans le groupe des Zoni-« tites les Hapalus que je crois devoir laisser près des Sitaris, le « lobe externe de leur mâchoire n'étant nullement prolongé en « pinceau bien qu'il soit oblong, étroit et fortement cilié. » La « structure du lobe interne des mâchoires de l'*Hapalus*, disait « cependant Fairmaire, dans une autre partie de son genera « (article : *Hapalus*) forme une transition naturelle pour arriver « à la modification du même organe chez les Zonitis et les « Nemognathes. » On voit par ces deux extraits contradictoires sur quelle faible base reposait l'opinion de Fairmaire.

En examinant les types ci-dessus établis, je crois pouvoir me ranger de l'avis de Mulsant, et rapprocher l'Hapalus des Zonitis, car les Zonitis et Hapalus ont tous deux les diverses parties du corps de la mâchoire soudée en une seule pièce, tandis que dans le genre *Sitaris* auquel Fairmaire voudrait joindre le genre Hapalus, le sous-galea seul est soudé au maxillaire.

Autre exemple : Le genre *Lagorina* de Mulsant, est contesté; beaucoup d'entomologistes le font rentrer dans le genre Cantharis. « Ce genre, dit Fairmaire, a beaucoup de ressemblance avec les vraies *Cantharis*, mais, la forme des cuisses postérieures, du corselet, et du *lobe externe des mâchoires* permet de les distinguer facilement, » j'ajouterai qu'il y a mieux que le caractère de la forme du lobe externe des mâchoires, caractère somme toute assez peu important. Mais que l'on jette les yeux sur les types que j'ai établis plus haut, et l'on verra que les genres Lagorina et Cantharis sont complètement distincts puisque le premier appartient au second type, tandis que le second appartient au troisième. J'interviendrai de même plus tard dans l'examen des genres discutés tels que Lytta, Epicauta, etc.

Ce n'est d'ailleurs que par la combinaison des divers caractères empruntés aux pièces de la bouche et aux autres organes aussi bien qu'à l'étude du développement qu'on pourra arriver à des résultats précis et susceptibles de quelque rigueur.

Lèvre inférieure.

(Pl. V, fig. 61 à 64). — La *lèvre inférieure* comprend chez tous les Vésicants une pièce médiane impaire ou *languette* en partie confondue en arrière avec le *menton*. Rarement la séparation complète entre ces deux pièces existe; le plus souvent une

ligne sinuée de forme très variable, indique seule la limite.

Les *palpes labiaux* portés à la partie inférieure et postérieure de la languette se composent ordinairement de trois articles. Cependant, chez un certain nombre de genres, on en peut compter quatre par suite de l'adjonction d'un article basilaire.

Les anatomistes paraissent avoir complètement ignoré l'existence de cet article basilaire que je ne vois mentionné dans aucune description. Il a parfois cependant un grand développement et représente évidemment un palpigère analogue à celui qu'on observe aux mâchoires. C'est dans le genre Sitaris (pl. V, fig. 68) que ce palpigère acquiert sa plus grande longueur. Il se présente alors sous la forme d'un article ovoïde aussi long que la languette et qui se confond postérieurement avec le menton, si bien que les deux palpigères font assez bien l'effet d'un menton profondément divisé en deux lobes ovoïdes qui atteignent le bord antérieur de la languette. Dans ce cas, le menton semble avoir conservé sa composition théorique ; les soi-disant palpigères en question peuvent être considérés en effet comme les deux coxites du membre transformé qui sont restés libres au lieu de se souder comme à l'ordinaire. Ou bien encore ils figurent les deux maxillaires isolés et alors la languette proprement dite est formée uniquement par les galea et intermaxillaires soudés.

Cette dernière manière de voir me parait devoir être adoptée et me semble encore appuyée par le mode d'organisation que présente la lèvre inférieure chez *Hapalus bipunctatus*. Dans cette espèce, en effet, à la face inférieure (pl. V, fig. 51) de la languette largement bilobée on voit une lame membraneuse rectangulaire qui prolonge le menton et s'étend en avant jusqu'au niveau du bord antérieur de la languette. Cette lame rectangulaire porte à sa *face supérieure*, au niveau de la base de la languette deux petits palpigères qui supportent les palpes de trois articles. En réalité, la partie bifide appelée ordinairement languette, répond aux galeas et aux intermaxillaires confondus, tandis que le prolongement rectangulaire du menton figure la portion maxillaire du membre.

En admettant cette manière de voir, les palpes labiaux se trouvent occuper la même situation que ceux des mâchoires par rapport au maxillaire, c'est-à-dire qu'ils sont alors insérés sur

la face supérieure des maxillaires et non sur leur face inférieure, ce qui avait quelque lieu de surprendre quand on considère que toujours à la mâchoire, les palpes siègent à la face supérieure du maxillaire. Pour étendre cette explication à tous les Vésicants, il suffit d'admettre que la languette est formée seulement par les galea et intermaxillaires confondus en une pièce plus ou moins bilobée, tandis que les maxillaires sont atrophiés et réduits au lieu d'insertion des palpes. Ils rentrent donc dans la loi la plus générale chez tous les insectes.

Parmi les insectes Vésicants chez lesquels le palpe est sup-

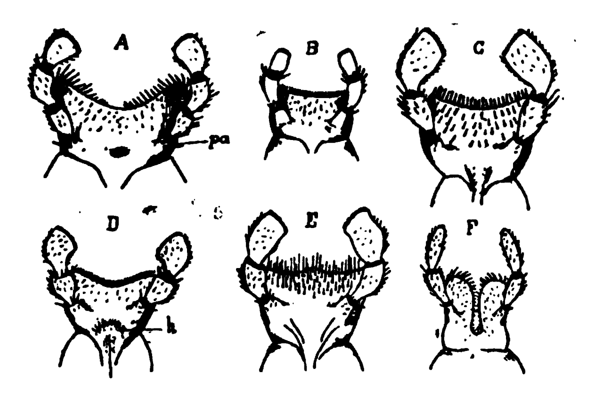


Fig. 7. — Lèvre inférieure des Vésicants, types :
Grossissement $\frac{10}{1}$: A, *Meloe Tuccius*. Grossissement $\frac{20}{1}$: B, *Cysteodemus armatus*. C, *Epicanta verticalis*. D, *Pyrota insulata*. E, *Cantharis vesicatoria*. Grossissement $\frac{40}{1}$: F, *Nemognatha apicalis*.

porté par un palpigère distinct, je citerai encore diverses espèces de *Meloe*, (*M. Majalis*, *M. Murinus*, *M. Tuccius*, etc.), *Cabalia segetum*, *Tegrodera erosa*, *Cerocoma Vahli*, etc.) (pl. I, fig. 43 et 49).

Chez ces insectes, le palpigère consiste en un petit article inséré vers le 1/3 postérieur de la face inférieure de la languette.

Palpes labiaux. — Les articles des palpes labiaux se présentent sous des formes assez différentes. En général le premier article est le plus court, le troisième au contraire est volumineux, ovoïde, cylindrique ou triangulaire. Son bord terminal convexe est couvert de petites papilles délicates, que leur forme cylindrique, leur faible longueur et l'absence de coloration font dis-

tinguer facilement des poils ou spinules qui recouvrent plus ou moins complètement le reste de la surface des autres articles.

Languette. — La languette est souvent composée d'une pièce unique à bord libre plus ou moins excavé (*Meloe, Cysteodemus, Pyrota, Epicauta*), ou droit et relevé légèrement dans son milieu (*Cantharis, Lydus, Lytta*, etc.) (pl. V, fig. 40 et 50, et ci-contre, fig. 7, B, C, D, E).

Fréquemment aussi la languette est divisée profondément en deux lobes. Chez *Mylabris* (pl. V, fig. 41), ce n'est qu'une échancrure au milieu du bord antérieur (*M. Variabilis*) mais parfois une suture plus claire s'aperçoit au centre de l'organe (*M. 4-punctata*).

La bifidité est complète, et les deux lobes s'écartent légèrement l'un de l'autre, chez les genres *Zonitis, Nemognatha, Sitaris, Leptopalpus, Œnas, Coryna*, etc. (pl. I, fig. 46 à 48 et ci-contre, fig. 7, F).

Hypopharynx. — A la face supérieure du menton, on observe un hypopharynx ordinairement peu développé et consistant en séries de poils divergeant en avant. Parfois cependant cet organe est un peu plus compliqué et consiste en un ou plus ordinairement deux lobes velus, supportés par une charpente chitineuse spéciale (Cabalia Segetum) (pl. V, fig. 48).

EXPLICATION DE LA PLANCHE V.

Pièces buccales des Vésicants.

Signification des lettres : *m*, maxillaire ; *sm*, sous-maxillaire ; *g*, galea ; *sg*, sous-galea ; *pa*, palpigère ; *p*, palpe ; *im*, intermaxillaire ; *k*, molaire ; *l*, languette ; *m*, menton ; *h*, hypopharynx ; *ep*, épipharynx.

Fig. 1. — Mandibule de *Lagorina scutellata*, $\frac{15}{1}$.
Fig. 2. — Prostecha du même, $\frac{40}{1}$ avec groupes de papilles, *a, a*.
Fig. 3. — Mandibule de *Lytta pennsylvanica*, $\frac{30}{1}$.
Fig. 4. — Mandibule de *Pomphopœa texana*, $\frac{20}{1}$.
Fig. 5. — Mandibule de *Leptopalpus rostratus*, $\frac{25}{1}$.
Fig. 6. — Mandibule de *Sitaris humeralis* $\frac{20}{1}$.
Fig. 7. — Mandibule de *Cabalia segetum*, $\frac{20}{1}$.
Fig. 8. — Mandibule gauche de *Mylabris variabilis*, $\frac{20}{1}$.
Fig. 9. — Mandibule droite du même, $\frac{20}{1}$; *d*, dent.

Fig. 10. — Mandibule gauche de *Coryna distincta*, $\frac{25}{1}$.

Fig. 11. — Mandibule droite du même, $\frac{25}{1}$; *d*, dent.

Fig. 12. — Prostheca de *Cantharis Vesicatoria*, $\frac{40}{1}$; *a*, groupe de papilles.

Fig. 13. — Mandibule du même, $\frac{20}{1}$, face inférieure.

Fig. 14. — Mandibule de *Lytta Erithrocéphala*, $\frac{20}{1}$, face inférieure.

Fig. 15. — Mandibule de *Cerocoma Vahli* ♂ $\frac{20}{1}$; *g*, galea.

Fig. 16. — Mandibule de *Tricrania Stansburii*, $\frac{15}{1}$.

Fig. 17. — Prostheca de *Halosimus Viridissimus*, $\frac{40}{1}$, avec molaire hérissée *k*.

Fig. 18. — Mandibule du même, $\frac{20}{1}$, face supérieure.

Fig. 19. — Mâchoire de *Mylabris Variabilis*, $\frac{20}{1}$, face inférieure.

Fig. 20. — Mâchoire du même, $\frac{20}{1}$, face supérieure montrant le palpigère en place.

Fig. 21. — Mâchoire de *Cerocoma Vahli* ♂ $\frac{20}{1}$, face supérieure ; *b*, poils.

Fig. 22. — Galea du même ♂ $\frac{40}{1}$; *a*, renforcement chitineux.

Fig. 23. — Poils du sommet du galea *c*.

Fig. 24. — Poils du bord interne; *a*, poils ramifiés; *b*, poils simples.

Fig. 25. — Mâchoire de *Nemognatha lutea*, $\frac{20}{1}$, face supérieure.

Fig. 26. — Mâchoire du même, $\frac{20}{1}$, face inférieure.

Fig. 27. — Portion du galea du même, $\frac{40}{1}$.

Fig. 28. — Mandibule de *Œnas afer*, $\frac{20}{1}$.

Fig. 29. — Prostheca du même, $\frac{40}{1}$; *ch*, tige chitineuse de soutien.

Fig. 30. — Mâchoire de *Hapalus bipunctatus*, $\frac{30}{1}$, face inférieure.

Fig. 31. — Mâchoire du même, $\frac{30}{1}$, face supérieure.

Fig. 32. — Mâchoire de *Gnathium minimum*, $\frac{20}{1}$.

Fig. 33. — Poils du galea du même.

Fig. 34. — Mâchoire de *Leptopalpus rostratus*, $\frac{20}{1}$, face inférieure.

Fig. 35. — Mâchoire du même, $\frac{20}{1}$, face supérieure.

Fig. 36. — Mâchoire de *Zonitis mutica*, face inférieure, $\frac{20}{1}$.

Fig. 37. — Mâchoire du même, face supérieure, $\frac{20}{1}$.

Fig. 38. — Palpe grossi $\frac{20}{1}$ de la mâchoire de *Cerocoma Vahli* ♂ ; p^1, à p^4 articles du palpe.

Fig. 39. — Mâchoire de *Lagorina scutellata*, face inférieure, $\frac{20}{1}$.

Fig. 40. — Mâchoire du même, face supérieure, $\frac{20}{1}$.

Fig. 41. — Lèvre inférieure de *Mylabris Cichorii* $\frac{40}{1}$.

Fig. 42. — Mâchoire de *Sitaris humeralis*, $\frac{20}{1}$.

Fig. 43. — Lèvre inférieure de *Cantharis Segetum*, face supérieure, $\frac{30}{1}$.

Fig. 44. — — *Gnathium minimum*, face inférieure, $\frac{40}{1}$.

Fig. 45. — — *Œnas afer*, face supérieure, $\frac{20}{1}$.

Fig. 46. — — *Leptopalpus rostratus*, face inférieure, $\frac{20}{1}$.

FIG. 47. — Lèvre inférieure de *Zonitis mutica*, face supérieure, $\frac{20}{1}$.
FIG. 48. — — *Sitaris humeralis*, face supérieure, $\frac{20}{1}$.
FIG. 49. — — *Meloe Murinus*, face inférieure, $\frac{20}{1}$.
FIG. 50. — — *Lytta pennsylvanica*, face inférieure, $\frac{30}{1}$.
FIG. 51. — — *Hapalus bipunctatus*, face inférieure, $\frac{20}{1}$.
FIG. 52. — — *Tegrodera erosa*, face inférieure, $\frac{20}{1}$.
FIG. 53. — — *Cerocoma Vahli* ♂, face inférieure, $\frac{20}{1}$.
FIG. 54. — — *Cissites testacea*, face inférieure, $\frac{30}{1}$.

NOTE

SUR UNE ARTICULATION ANOMALE

ENTRE

L'OS HYOÏDE ET LE CARTILAGE THYROÏDE LE L'HOMME

Par Ch. DEBIERRE

L'ossification du cartilage thyroïde n'est point rare chez les vieillards, et il est digne de remarque que cette calcification du cartilage, s'effectue de la périphérie au centre. C'est là une observation faite depuis longtemps, sur laquelle nous n'insistons pas.

Chez un sujet de 56 ans livré aux salles de dissection de la Faculté de Lyon, et qui a servi à notre cours, cette ossification du cartilage thyroïde est très avancée. Le centre seul du cartilage est resté à peu près indemme de calcification. Tout le bord postérieur, depuis les grandes jusqu'aux petites cornes, forme une colonne osseuse solide et résistante.

Le corps de l'os hyoïde n'offre rien de particulier, mais ses petites cornes sont à lui complètement soudées (bien que la ligne de soudure du basihyal et des grandes cornes soit encore très marquée), et le sommet de sa grande corne porte une colonne osseuse qui se dirige en bas à la rencontre de la grande corne ossifiée du cartilage thyroïde. C'est entre ces deux os que l'on trouve une articulation anomale (1).

Entrons plus avant dans l'explication, et pour mieux faire saisir et ressortir l'anomalie, ayons recours, comme comparaison, à la disposition normale.

Chacun sait qu'à l'état normal, le cartilage thyroïde est uni à l'os hyoïde au moyen d'un ligament membraneux médian, la *membrane thyro-hyoïdienne*, et sur les côtés, par l'intermédiaire des *ligaments thyro-hyoïdiens latéraux* qui, du sommet de la grande corne du cartilage thyroïde vont s'attacher au som-

(1) La pièce est conservée au Musée d'Anatomie de la Faculté de Médecine.

met de la grande corne de l'hyoïde ou corne thyroïdienne de cet os. Ces ligaments latéraux portent ordinairement, en leur milieu, un fibro-cartilage hordéïforme, le *cartilage triticé* dont l'existence est à retenir en l'espèce, car sa modification va nous donner la clef de formation de l'articulation supplémentaire que nous décrivons. En un mot, la disposition anatomique normale est celle qui est figurée partout.

Décrivons maintenant la disposition anomale que nous avons rencontrée (Voyez la figure ci-contre).

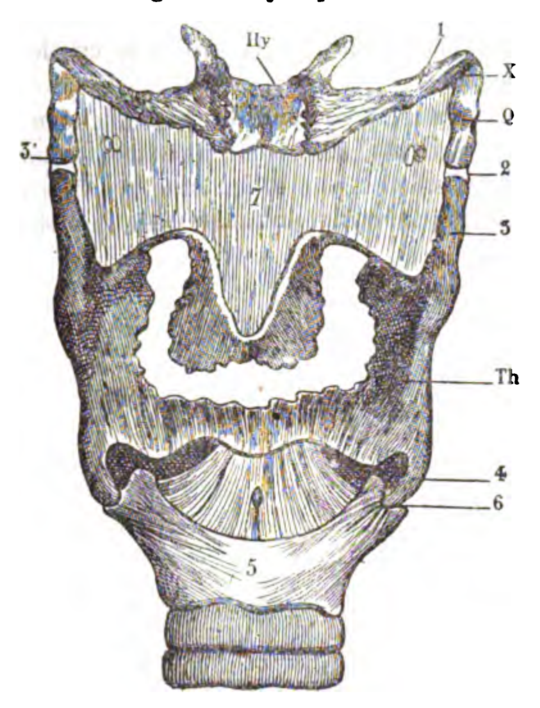
Du sommet de la grande corne de l'os hyoïde se détache une tige osseuse de 10 millimètres de long et de 15 millimètres de tour (fig. Q). Cette colonne osseuse se dirige directement en bas au point de toucher le sommet de la grande corne ossifiée du cartilage thyroïde. Elle est solidement soudée à la grande corne de l'hyoïde, mais toutefois la ligne de soudure est restée visible sous la forme d'un petit sillon oblique à la partie antérieure (fig. X).

Cette colonne osseuse est terminée en bas par une surface plane encroûtée de cartilage (fig. 3'). Elle se met en rapport avec une surface similaire appartenant au sommet de la grande corne du cartilage thyroïde ossifié. Un manchon fibreux réunit ces deux tiges osseuses en s'insérant à leur pourtour à quelques millimètres au-dessous de la surface articulaire, et en se continuant des deux côtés avec le périoste (fig. 2). Une synoviale est interposée aux surfaces articulaires. En un mot, il y a entre la grande corne de l'hyoïde (par l'intermédiaire de son pédoncule) et la grande corne de l'*os* thyroïde une véritable articulation diarthrodiale, variété arthrodie.

Cette anomalie méritait, je pense, d'être signalée en raison de sa rareté, et aussi en raison de ce que, à ma connaissance du moins, elle n'a pas encore été décrite.

Mais notre observation resterait incomplète si nous ne recherchions point qu'elle est la signification de cette nouvelle articulation. D'où vient et d'où sort le pédoncule osseux fixé à la grande corne de l'hyoïde, pédoncule qui n'a point d'existence légale, qu'on nous passe cette expression ? Sa situation (en raison de la loi des connexions anatomiques), la ligne de soudure restée évidente au sommet de la corne, nous conduisent fatalement à induire que cet osselet supplémentaire n'est autre que le cartilage triticé

ossifié. Cette opinion est confirmée par l'envahissement de tout le système des cartilages du larynx par l'ossification.



Appareil hyoïdien anomal.

Hy, os hyoïde; *Th*, cartilage thyroïde ossifié dans toute la partie ombrée, resté cartilagineux au centre, dans la partie laissée en blanc; 1, grande corne de l'os hyoïde; 3, grande corne du cartilage thyroïde; Q, pédoncule articulaire (cartilage triticé ossifié et réuni à l'hyoïde en *X*); 2, articulation thyro-hyoïdienne anomale; 3', surface articulaire encroûtée de cartilage du pédoncule osseux descendant de la grande corne de l'os hyoïde; en regard, la grande corne du cartilage thyroïde offre une surface articulaire semblable; entre les deux est interposée une synoviale et les deux extrémités osseuses articulaires sont réunies par un manchon fibreux; 4, petite corne du cartilage thyroïde; 5, cartilage cricoïde; 6, articulation crico-thyroïdienne; 7, membrane thyro-hyoïdienne.

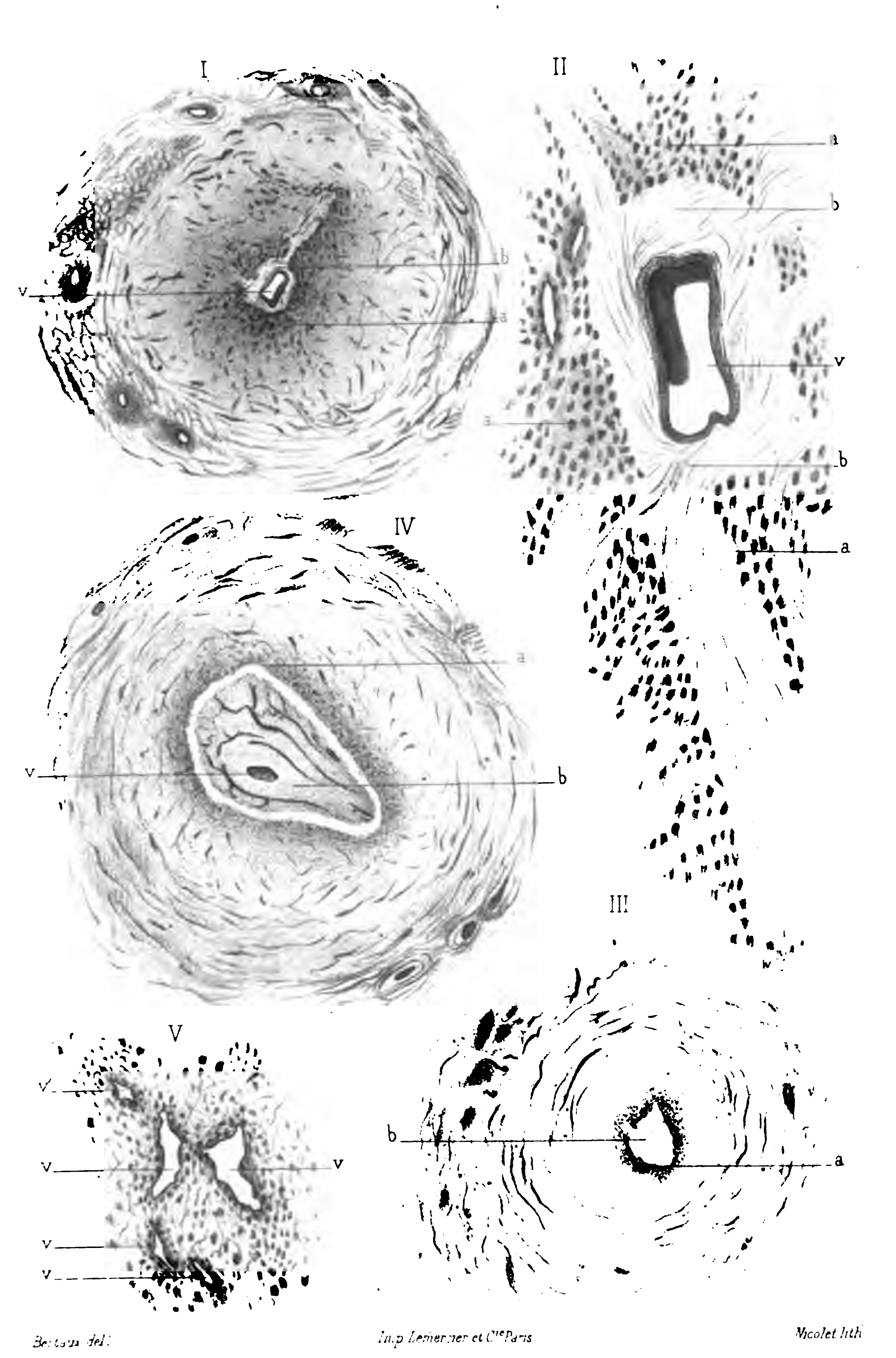
Or, ce cartilage devenu osseux et considérablement agrandi, marche aussi bien à la rencontre de la grande corne du cartilage thyroïde qu'à la rencontre de la grande corne de l'hyoïde. Il suit le ligament thyro-hydoïen latéral au milieu duquel il est développé, tendant à transformer tout ce ligament en un pont osseux rigide et résistant. Que fût-il advenu s'il était parvenu à se souder à l'*os* thyroïde comme il l'a fait avec l'os hyoïde? Une immobilité du larynx sur l'hyoïde en eut été la conséquence fatale.

Mais la mobilité du larynx sur l'os hyoïde est une nécessité physiologique, une condition indispensable à la bonne harmonie de plusieurs fonctions, et non des moins importantes, de la machine animale, la déglutition, la parole, le cri, le chant, sans insister d'ailleurs.

Que fait la Nature pour remédier à cette tendance ossifiante et unissante fâcheuse? Elle crée (sans attacher aucune portée philosophique à ce mot) une articulation qui va rendre au système physiologique laryngo-hyoïdien toute sa mobilité et toute sa souplesse.

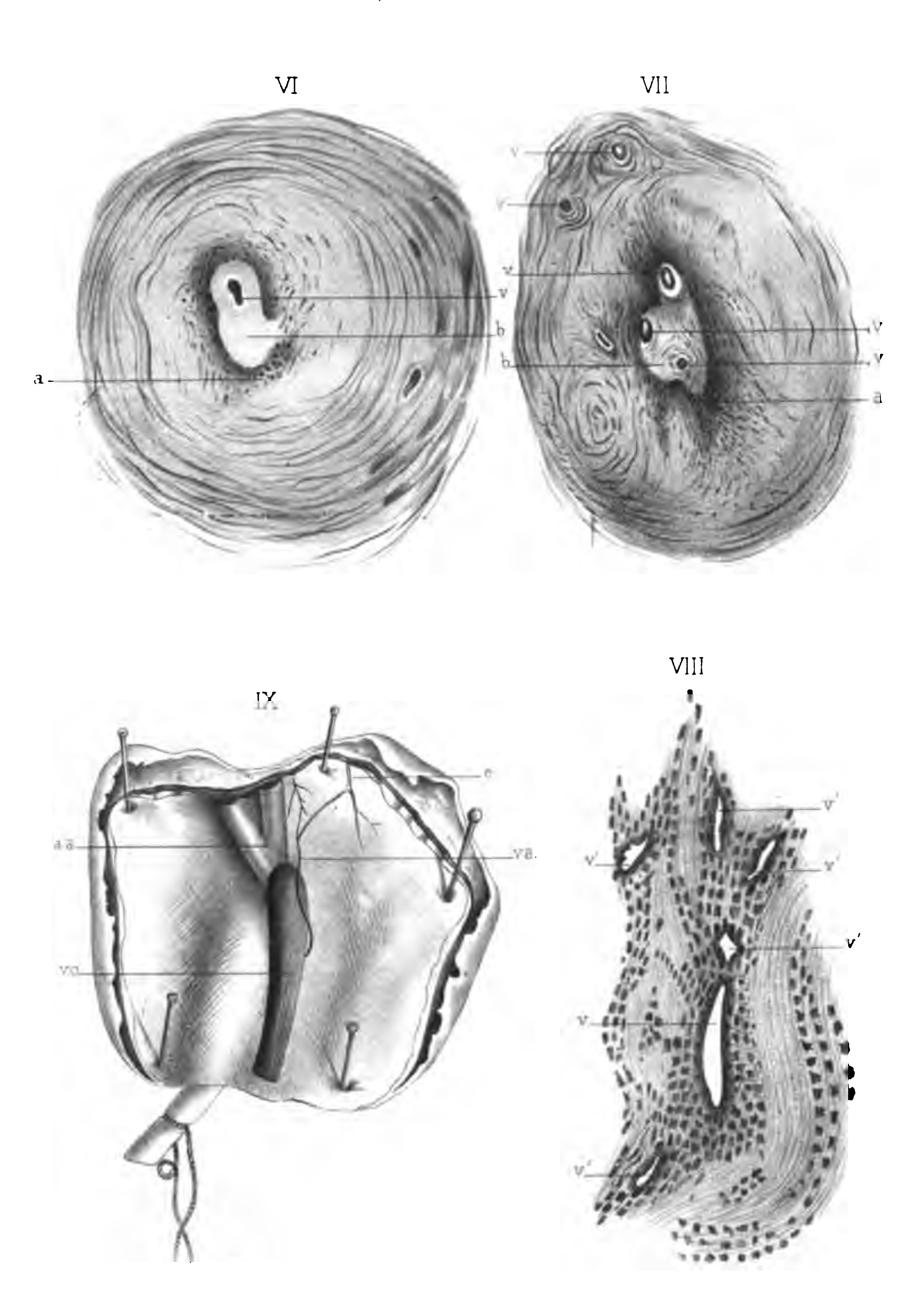
Le Propriétaire-gérant,
FÉLIX ALCAN.

Saint-Denis. — Imprimerie CH. LAMBERT, 17, rue de Paris.



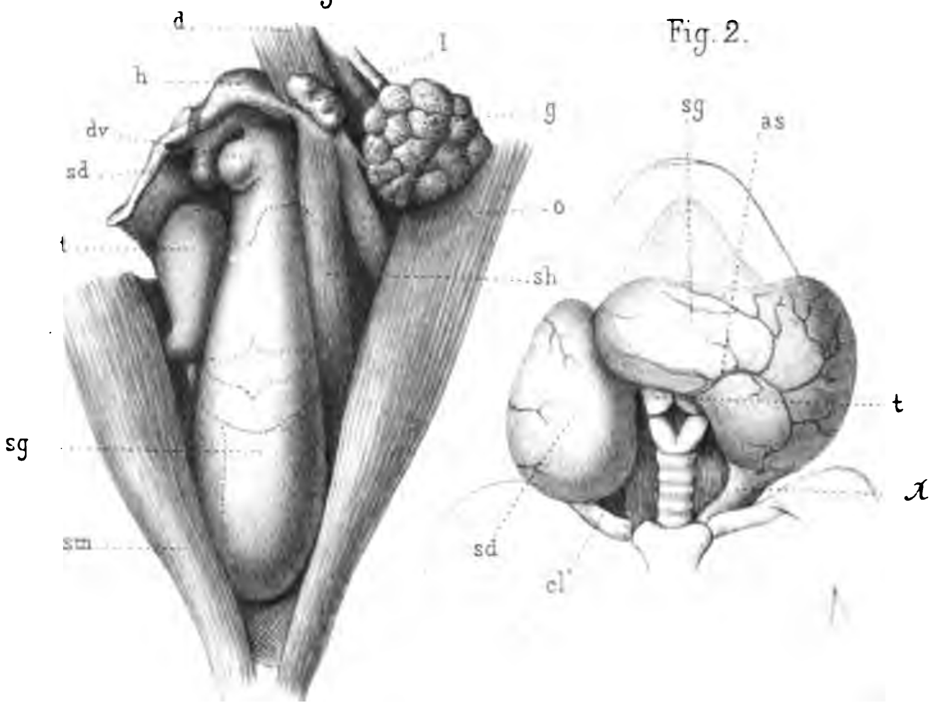
Bertaux del. Imp Lemercier et Cie Paris Nicolet lith

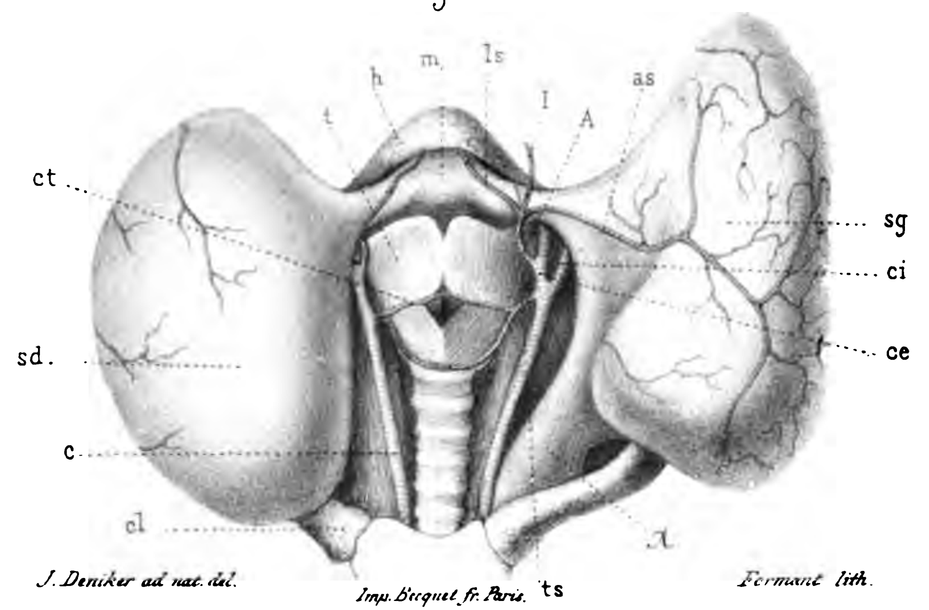
Recherches sur la veine ombilicale



Bertaux del. Imp. Lemercier et Cie Paris. Nicolet lith.

Recherches sur la veine ombilicale.

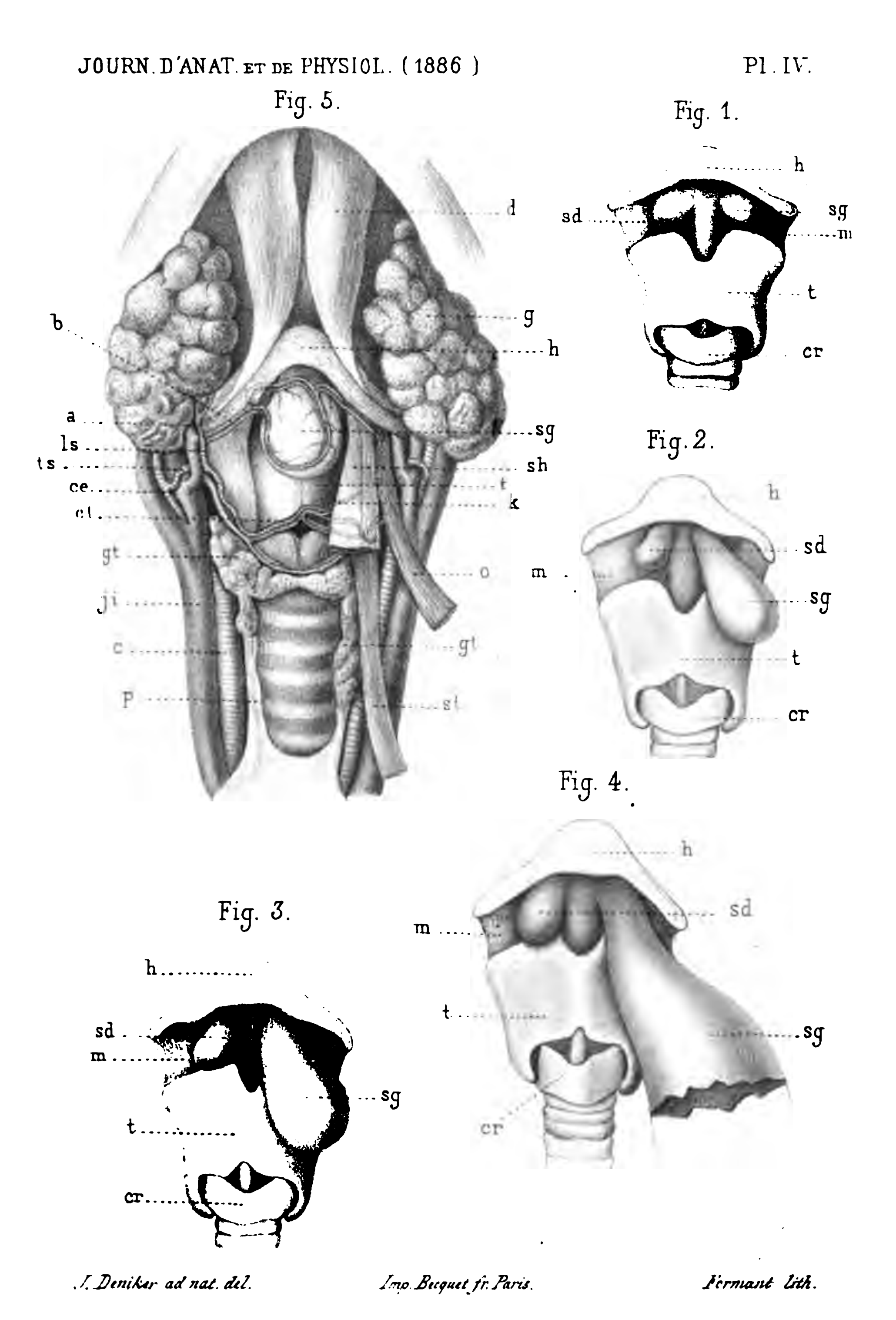




J. Deniker ad nat. del. Imp. Becquet fr. Paris. Formant lith.

Sacs laryngiens du Gorille et de l'Orang.

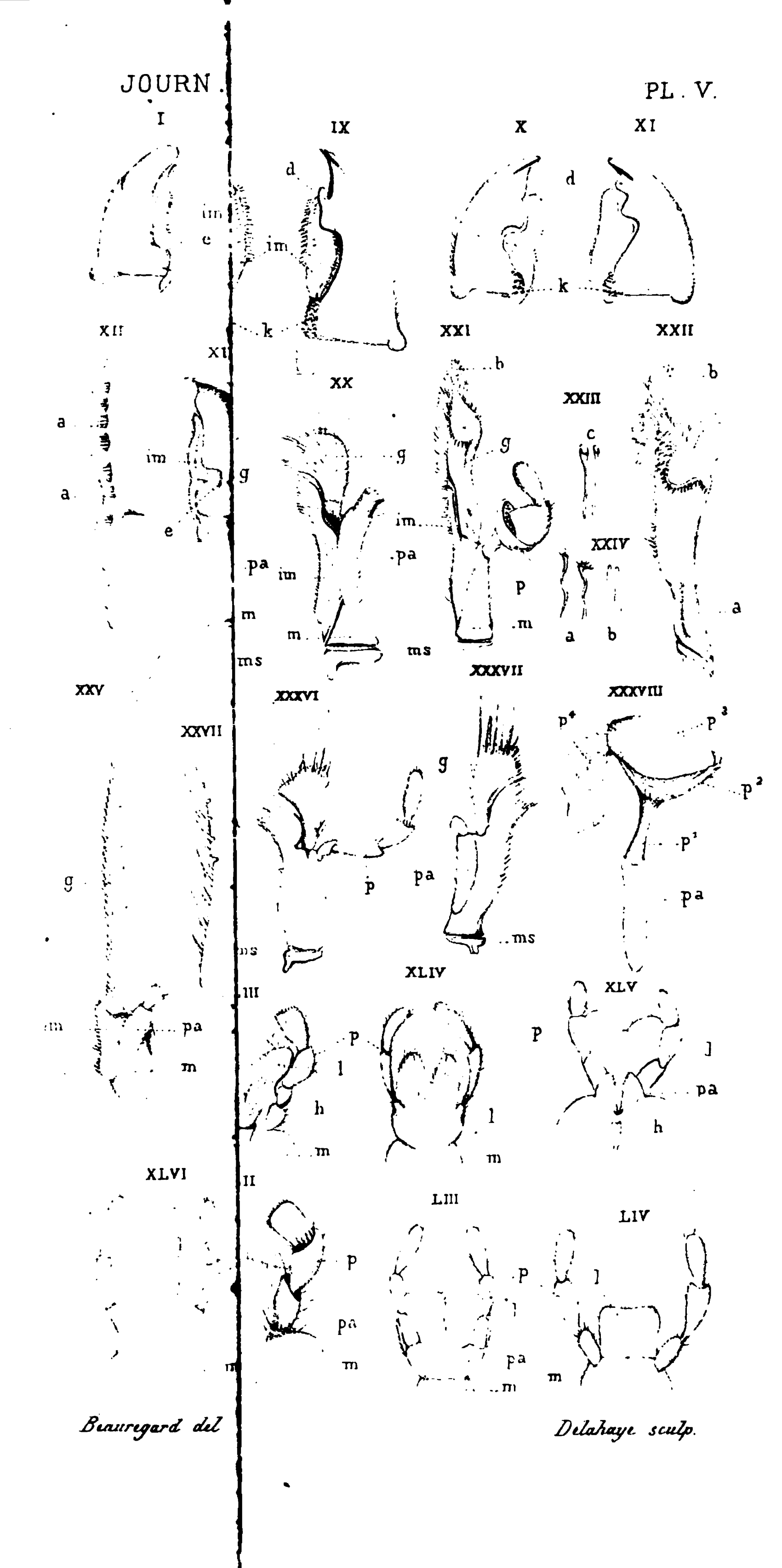
Félix Alcan Editeur.



J. Deniker ad nat. del. Imp. Becquet fr. Paris. Formant Lith.

Sacs laryngiens des Chimpanzés.

Félix Alcan. Editeur.



Beauregard del

Delahaye sculp.

RECHERCHES

DE

CALORIMÉTRIE

Par M. A. D'ARSONVAL

Professeur remplaçant au Collège de France,

Directeur du laboratoire de Physique biologique à l'École pratique des hautes Études.

PREMIÈRE PARTIE. — MÉTHODES ET APPAREILS (1).

C'est grâce à l'amitié et au désintéressement de Claude Bernard, de Marey, et de Brown-Séquard que depuis 1875 j'ai pu poursuivre ces recherches au Collège de France avec la continuité que suppose la création de nouvelles méthodes d'investigation. Je suis heureux que cette publication me permette d'associer les noms de mes trois maîtres auxquels je rends un égal tribut de reconnaissance et d'admiration.

Mes travaux de Calorimétrie ont fait l'objet de notes nombreuses présentées depuis dix ans à l'Académie des sciences, à la Société de Biologie, à la Société de physique, etc..., ou parues dans différents recueils (Travaux du laboratoire de Marey, comptes rendus de l'école des hautes études, journal La Lumière Electrique, année 1884, catalogues de Wiesnegg, manuel de Burdôn Sanderson, etc...)

Un grand nombre d'expériences, en partie inédites, ont été exposées par moi chaque année dans les leçons de médecine que je fais au Collège de France depuis 1882, en remplacement de mon maître, M. Brown-Séquard. J'en donnerai la description dans la deuxième partie de ce mémoire.

Ces publications, bien qu'incomplètes et éparses, ont eu l'heureux résultat d'attirer l'attention d'un assez grand nombre d'expérimentateurs sur l'importance bien méconnue de la calorimétrie physiologique. La plupart d'entre eux s'adressant journellement à moi pour avoir des renseignements sur mes mé-

(1) Tous ces appareils se trouvent à Paris, chez M. Verdin, 6, rue Rollin.

thodes ou le fonctionnement de mes appareils, j'ai cru utile d'en donner une vue d'ensemble sinon une description détaillée.

La plus grande quantité de l'énergie développée par les êtres vivants supérieurs se manifeste à nous sous forme de chaleur. Depuis les travaux de Lavoisier nous savons que cette chaleur a pour origine les différentes réactions chimiques dont l'être vivant est le siège. Ces différentes réactions portent le nom de *combustions respiratoires*, mais bien à tort, si l'on donne au mot combustion le sens que lui attribuait Lavoisier.

La mesure de la *quantité de chaleur* dégagée par l'être vivant a donc une importance extrême au point de vue des mécanismes vitaux.

Pourtant lorsque en 1875 j'ai commencé ce travail j'ai trouvé les méthodes de calorimétrie animale telles que les avait décrites Lavoisier et Laplace, Dulong et Despretz.

Si les physiologistes ont négligé la calorimétrie directe c'est d'abord pour n'avoir pas eu une méthode facile répondant aux exigences du sujet, mais surtout à cause de la découverte des nerfs vaso-moteurs. Claude Bernard a montré que ces nerfs, en modifiant le calibre des vaisseaux changent la température d'une partie quelconque du corps en en réglant l'irrigation sanguine comme le ferait un robinet.

Cette découverte mémorable jetait tant de lumière sur le mécanisme obscur des circulations locales, qu'on ne s'occupa plus que des températures locales.

L'étude des températures locales se rattache intimement à celle de la circulation. Les effets calorifiques qui suivent la section du grand sympathique s'expliquent facilement par la dilatation paralytique des vaisseaux. La preuve en fut donnée par l'expérience qui consiste à électriser le bout périphérique du nerf qu'on vient de couper comme le fit le premier Brown-Séquard. On voit alors la température baisser dans la partie échauffée tout le temps que dure l'excitation du nerf.

Dans cette expérience on peut expliquer les phénomènes observés par une simple modification dans la *répartition* de la chaleur sans faire intervenir la *production*. Dans la fièvre, et dans beaucoup de maladies tout porte à croire que c'est au contraire la *production* qui varie. Le thermomètre est impuissant à nous donner la valeur absolue de ce changement. Comme je l'ai

montré par de nombreux exemples une température centrale plus élévée peut correspondre à une moindre production de chaleur et inversement. En un mot les expressions *augmentation de la témpérature et augmentation de la production de chaleur* sont loin d'être synonymes.

Conditions générales des recherches calorimétriques en Biologie.

La physiologie n'est certainement que la physique des êtres vivants, comme l'a dit Claude Bernard; mais il ne faudrait pas en inférer qu'il suffit de prendre à cette dernière science ses instruments et ses méthodes pour les appliquer sans modifications à l'étude des êtres vivants.

Les recherches de physique biologique comportent deux sortes d'exactitude : 1° une exactitude physique, tenant à la perfection des appareils de mesure employés; 2° une exactitude physiologique, qui dépend des conditions dans lesquelles on place l'être vivant en expérience.

Toute expérience n'est valable que lorsqu'elle satisfait à ces deux conditions parfois contradictoires.

Le but que je me suis proposé consiste à rechercher *les conditions physiologiques et pathologiques qui modifient la production de chaleur chez les êtres vivants*, tout en satisfaisant aux deux conditions d'exactitude que je viens d'énoncer. J'ai donc été amené à imaginer de nouvelles méthodes calorimétriques pour répondre aux exigences du sujet.

Ces méthodes doivent présenter comme conditions d'ordre physiologique :

1° *Une composition constante et normale du milieu gazeux où l'animal est en expérience.*

2° *Une température absolument constante de ce même milieu* pendant toute la durée de l'expérience. Ce fait est évident par exemple pour la calorimétrie de l'incubation.

3° *L'expérience doit pouvoir se faire pendant un temps très long.* On élimine ainsi, soit les causes d'erreur accidentelles, soit les coïncidences heureuses qui se sont produites dans les expériences de Dulong et Despretz.

Ces mêmes méthodes doivent présenter comme conditions d'ordre physique :

1° *La certitude de mesurer toute la chaleur dégagée par l'animal.*

2° *La certitude de ne mesurer qu'elle.*

3° *La possibilité d'enregistrer automatiquement les indications de l'appareil*, la méthode graphique constituant, grâce à sa continuité, le plus parfait et le plus impartial des observateurs.

J'ai réalisé de diverses manières ces exigences multiples par une série d'essais poursuivis sans relâche depuis près de dix années. Les personnes familiarisées avec l'expérimentation et qui connaissent toutes les difficultés d'une technique rigoureuse comprendront les nombreux tâtonnements par lesquels j'ai dû passer avant de m'arrêter à un dispositif me donnant pleine satisfaction.

Avant de décrire le principe général dont dérivent tous mes appareils calorimétriques, j'exposerai en quelques mots, les idées théoriques qui me servent de guide dans l'étude de la chaleur animale; tout être vivant est le siège de deux ordres de phénomènes :

1° Phénomènes de nutrition ou de synthèse organique.

2° Phénomènes de fonctionnement ou de destruction organique.

Cette division, proposée par Claude Bernard, embrassant tous les phénomènes de la vie communs aux deux règnes, a de plus l'avantage de constituer un plan excellent pour les études de calorimétrie. En effet, aux premiers phénomènes (synthèse organique) correspond une absorption de chaleur; les seconds, au contraire, sont caractérisés par un dégagement de calorique.

Les phénomènes de synthèse organique sont les phénomènes vitaux par excellence, ils correspondent à ce qu'on appelle faussement le repos des organes. Mais il est impossible de séparer d'une manière absolue ces deux ordres de phénomènes pour les étudier à part, car ils existent simultanément et se provoquent mutuellement chez l'être vivant. Nous sommes obligés, pour arriver à notre but, d'user d'artifice et de prendre l'organisme dans des conditions où l'un de ces phénomènes devient physiologiquement prédominant.

La phase de synthèse organique se rencontre à son maximum d'intensité lors du développement de l'œuf, et offre chez l'oiseau de grandes facilités d'étude. J'ai pris en conséquence le développement de l'œuf, soumis à l'incubation artificielle, comme

type des phénomènes endothermiques ou du premier ordre. C'est à ce propos que l'on reconnaîtra l'absolue nécessité d'une température constante dans le calorimètre (40 degrés) et d'une longue durée (21 jours) dans l'expérience. Aucune des méthodes connues ne permettait d'entreprendre une pareille étude.

L'état adulte peut être considéré comme une sorte d'équilibre instable entre les phénomènes de synthèse et ceux de destruction ; le poids de l'animal reste à peu près constant, il n'emmagasine pas de forces comme dans l'état embryonnaire, il n'en détruit pas outre mesure non plus, *il libère simplement les forces de tension contenues dans sa nourriture,* suivant les besoins de son organisme et par des mécanismes que j'ai cherché à élucider au moyen de la calorimétrie.

C'est dans cette période qui constitue le véritable état physiologique, que l'on peut assimiler l'être vivant à une machine, avec cette différence capitale toutefois que cette machine, véritable phénix, renaît constamment de ses cendres, en détruisant et reconstruisant à chaque instant ses propres organes.

C'est dans cette période de *statu quo* que j'ai cherché à étudier toutes les conditions d'ordre physico-chimique et physiologique faisant varier la production de chaleur chez un même animal. C'est ici également que j'ai étudié la machine animale au point de vue de son rendement comme moteur mécanique et que j'ai repris avec un matériel et des méthodes plus perfectionnés les expériences de Robert-Mayer, de Hirn et de Béclard.

Pour faire varier les conditions physiques je modifie le milieu cosmique ou *extérieur*. Je me suis adressé au milieu sanguin ou *intérieur* et surtout au système nerveux pour modifier les conditions physiologiques. J'ai donc étudié successivement les modifications calorifiques dues aux variations :

1° De la température.

2° De la pression.

3° De la composition gazeuse du milieu ambiant.

J'ai modifié les conditions physiologiques :

1° Par la nature de l'alimentation.

2° Par l'état de jeûne ou de suralimentation.

3° Par le repos ou l'activité musculaire.

4° En excitant le système nerveux, soit directement soit par

l'intermédiaire de certaines substances toxiques ou médicamenteuses (curare, strychine, opium, alcaloïdes divers).

Enfin pour faire naître la prédominance des phénomènes de destruction, j'ai eu recours à l'inanition d'une part, puis aux maladies provoquées, telles que :

1° La fièvre traumatique.

2° La septicémie.

3° Les empoisonnements.

4° Le charbon ou autres maladies virulentes contagieuses.

On voit par ce court aperçu combien vaste était le champ à explorer. Depuis l'époque déjà éloignée (1878) où j'ai fait connaître mon programme de recherches, avec des expériences à l'appui, dans les travaux du laboratoire de Marey, différents physiologistes se sont mis à l'œuvre en s'inspirant de mes idées et en mettant à profit soit mes méthodes soit mes critiques. De mon côté, grâce à la méthode graphique, j'ai recueilli un grand nombre de faits nouveaux, en partie inédits, de sorte que la calorimétrie animale commence à reposer maintenant sur une base expérimentale solide, et qu'on en peut tirer des renseignements très intéressants sur le fonctionnement des mécanismes vitaux, comme j'aurai occasion de le montrer dans la seconde partie de ce travail. La première partie sera presque entièrement consacrée à l'exposé des nouvelles méthodes et à la technique instrumentale.

Principe général de la Méthode (1).

J'ai établi plus haut que pour répondre aux exigences physiologiques, le calorimètre où est enfermé l'animal doit rester à une température *sensiblement invariable*, et de plus permettre de *continuer sans corrections* l'expérience pendant une durée de temps quelconque.

Ces deux conditions dominent en quelque sorte la construction de l'appareil.

Pour satisfaire à la première il faut que les variations de température que détermine dans le calorimètre la présence de l'animal, soient à chaque instant *compensées par un mécanisme qui donne la mesure de ces changements.*

(1) Voir Société de Biologie (Séance du 1er décembre 1877).

Cette délicate fonction est confiée au calorimètre lui-même qui, par un mécanisme automatique, refroidit son intérieur que l'animal tend à échauffer.

Pour permettre une longue durée de l'expérience et éviter les corrections qui sont toujours des causes d'erreur, le calorimètre ne doit *ni céder ni emprunter de calorique au milieu dans lequel il est plongé*. Ce qui revient à dire qu'il doit avoir *la même température* que le milieu ambiant.

En plaçant le calorimètre dans une enceinte à *température constante ayant exactement le même degré que lui*, on évite toute correction due au rayonnement.

Pour enlever la chaleur cédée au calorimètre par l'animal et en donner la mesure, j'ai employé différents moyens qui seront décrits plus loin.

Toutes les dispositions que j'ai imaginées obéissent aux conditions suivantes :

1° *Le calorimètre constitue un thermomètre creux enveloppant l'animal ;*

2° *Sa température reste sensiblement la même ;*

3° *Il est plongé dans un milieu qui a la même température que lui ;*

4° *Le calorimètre règle automatiquement sa température en agissant sur une source frigorifique compensatrice qui donne la mesure de la chaleur dégagée.*

Comme on le voit, le principe de cette méthode générale de calorimétrie présente a une grande analogie avec la méthode de *Réduction à zéro* employée dans les mesures électriques. C'est pour cette raison que je l'ai appelée : *méthode calorimétrique par compensation*. Elle est de plus d'une grande exactitude et réalise tous les desiderata du problème physiologique, mais son usage nécessite qu'on soit bien familiarisé avec les expériences de physique.

Pour parer à cet inconvénient, j'ai apporté récemment (octobre 1884) à mes premiers appareils diverses modifications qui en rendent le maniement extrêmement simple. Comme j'ai été obligé dans ces derniers appareils de sacrifier un peu l'exactitude à la simplicité, je crois devoir décrire en détails la première méthode qui m'a fourni presque tous les résultats que j'aurai à signaler dans la deuxième partie de ce travail.

Comme on vient de le voir, il faut avant tout avoir des appareils à température constante; je vais décrire à présent les différentes solutions que j'ai données à ce problème qui m'a tout d'abord occupé.

Les Appareils à température constante (1).

Les seuls appareils de ce genre employés dans les laboratoires en 1875, quand je commençai l'étude de cette question, étaient le régulateur de Bunsen ou ses dérivés.

L'instrument de Bunsen consiste essentiellement en un gros thermomètre à mercure dont on utilise la dilatation pour obstruer plus ou moins le passage du gaz d'éclairage qui sert de combustible.

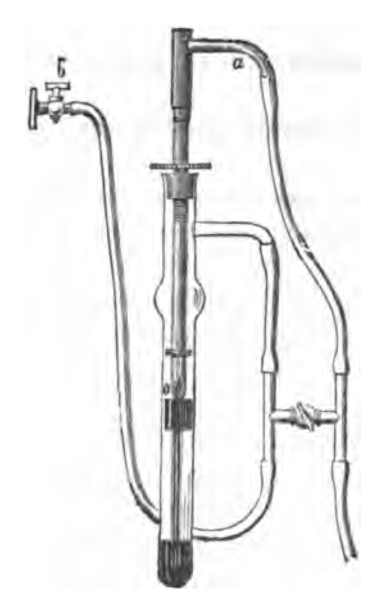


Fig. 1.

Cet appareil ne peut être sensible qu'à la condition d'employer une masse de mercure considérable, mais alors il devient paresseux.

De plus, quand la pression du gaz augmente, son écoulement se fait par soubressauts à travers le mercure, ce qui éteint le brûleur.

(1) Voir Société de Biologie (Séance du 5 août 1876).

Pour parer au premier inconvénient, on a eu l'idée d'utiliser la dilatation d'un gaz, le mercure formant simplement fermeture hydraulique. C'est la disposition qui est représentée figure 1. Le régulateur se compose d'un tube de verre partagé en deux chambres reliées entre elles par un tube plongeant. Dans la chambre inférieure se trouve enfermée une masse d'air qui agit par sa dilatation pour soulever le mercure qui monte en O dans la chambre supérieure. Au-dessus du mercure débouche un tube, taillé en biseau *a*, qui amène le gaz d'éclairage; le mercure en règle l'écoulement, et le gaz s'échappe ensuite par le tube *c* pour aller au brûleur.

Pour empêcher son extinction lors du barbotage, on lui envoie directement du gaz par un tube en H; ce gaz sert au rallumage en cas d'extinction. L'air, quoique plus dilatable que le mercure, et constituant par conséquent un régulateur plus sensible que ce dernier, a l'inconvénient de subir les variations de la pression barométrique, ce qui peut amener des écarts de près de 3 degrés centigrades. Cest pourquoi d'autres expérimentateurs ont remplacé la bulle d'air par de l'huile, du pétrole, etc..., ou tout au autre corps liquide plus dilatable que le mercure.

Moi-même, je me suis servi d'un dispositif analogue pour avoir certaines températures déterminées bien fixes. Au lieu d'agir sur le mercure par la dilatation d'un corps gazeux ou liquide *j'ai agi par tension de vapeur*. Ce dispositif a l'avantage d'être très sensible et n'exige qu'une très faible masse de liquide, car la vapeur produite occupe un volume des centaines de fois plus grand que le liquide qui lui a donné naissance.

Ainsi, pour régler les couveuses artificielles dont la température ne doit jamais dépasser 40 degrés centigrades, je remplace la bulle d'air par quelques gouttes d'éther sulfurique bouillant à 37° degrés environ. Aussitôt qu'on atteint cette température, la tension de la vapeur d'éther soulève la colonne de mercure et la température se trouve fixée. Ce procédé a l'avantage de constituer un appareil qui retombe toujours automatiquement à la même température lorsqu'on le remet en marche. En un mot, il ne peut pas se dérégler, ce qui est très commode pour les expériences de physiologie (incubations, digestions artificielles, fermentations, etc...), qui se font toutes vers 37 degrés centigrades. Pour avoir des températures différentes allant de 37° à 200°, je

fais des mélanges variés : éther-chloroforme jusqu'à 60°, alcool jusqu'à 70°, alcool-eau jusqu'à 100° et eau-glycérine jusqu'à 250°. Malgré ces améliorations, ce procédé ou plutôt ce dispositif ne constituait pas des appareils assez exacts pour le but que je me proposais.

Parmi les meilleures modifications du régulateur primitif de Bunsen, je dois encore signaler celles qui sont dues à M. Schlœsing, d'une part et à M. Raulin, d'autre part.

Le régulateur Schlœsing, tout en verre, est un excellent appareil de laboratoire qui, même dans ces conditions, ne peut pas être confié à toutes les mains, à cause de sa fragilité et de la facilité avec laquelle il peut se dérégler. Il est représenté en détail dans la figure 2.

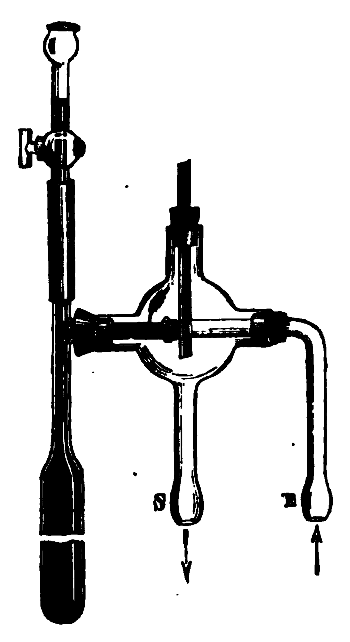


Fig. 2

Je m'étais inspiré de cet appareil pour en construire un moins fragile et susceptible, même d'applications industrielles. Il est représenté figure 3.

Cet appareil se compose d'un étui en laiton, terminé par un tube de plomb, 3. Cet étui porte latéralement en communication avec sa cavité une boîte dont la paroi antérieure est constituée

par une membrane métallique de baromètre anéroïde. L'étui étant plein d'un liquide dilatable (huile, pétrole ou glycérine) et supposé fermé hermétiquement, les variations de volume du liquide se traduisent sur la membrane métallique par sa projection ou son recul, grâce à l'élasticité dont elle est douée.

Le gaz qui doit aller au brûleur est amené par le tube 4, qui débouche normalement au centre de la membrane métallique 2, et à une faible distance de sa surface externe, dans l'intérieur d'une boîte métallique, d'où il ressort par un autre orifice 5, qui le conduit au brûleur.

Le tube de sortie du gaz 5, présente un robinet latéral, 6, qui sert de robinet de sûreté lorsque le régulateur n'est pas plongé dans une grande masse liquide. Pour cela par un tube en Y, on bifurque la prise de gaz; une partie est amenée au robinet

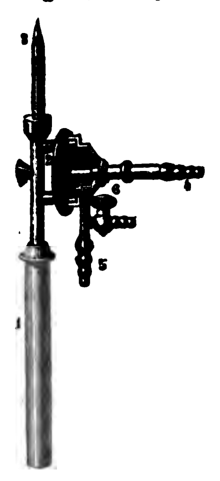


FIG. 3.

6 et s'en va directement au brûleur qu'elle a pour fonction de maintenir allumé constamment, on règle la quantité par le robinet, de façon à ce qu'elle soit insuffisante pour maintenir à elle seule la température que l'on désire, le surplus est fourni par le régulateur.

La boîte à gaz (4, 5 et 6), est mobile et peut se fixer dans toutes les positions, grâce au contre-écrou dont elle est munie, ce qui permet de tourner latéralement l'orifice de sortie du gaz.

L'appareil est réglé d'avance pour une température déterminée; si on veut le régler pour tout autre température il faut cou-

per le bout du tube du plomb 3, ce qui ouvre le régulateur, et on le met dans un bain que l'on porte à 5 degrés au-dessous de la température désirée; cela fait on éteint le feu, et, après avoir rempli complètement l'étui avec le liquide choisi, on écrase avec une pince plate l'extrémité du tube de plomb; on coupe avec des ciseaux pour affleurer les deux lèvres du tube et on passe rapidement dessus un fer à souder très chaud, induit d'un peu d'étain qui ferme hermétiquement l'appareil, comme une boîte d'anéroïde.

Cet appareil est très pratique et très commode, l'étui peut recevoir des longueurs et des formes quelconques, suivant les circonstances. Il se trouve tout réglé et nullement fragile. Sa sensibilité pour un réservoir de 50 cent. cubes de capacité, dépasse le $\frac{1}{8}$ de degré. Enfin, il ne se dérègle pas. M. Pasteur en a dans son laboratoire depuis 1876 qui n'ont pas bougé.

Pour un besoin donné, on peut lui faire régler l'écoulement d'un combustible liquide (pétrol, alcool), un jet de vapeur ou un courant d'eau chaude, si on n'a pas de gaz, ce qui est précieux dans bien des circonstances.

Régulateurs directs (1).

Les différents régulateurs que je viens de décrire, constituent les appareils auxquels j'ai donné le nom de *régulateurs indirects*. Bons pour toutes les expériences de physiologie ou de chimie qui ne nécessitent pas une absolue constance de la température, ils ne pouvaient convenir pour le but que je me proposais, c'est pourquoi j'ai dû créer une seconde classe de régulateurs auxquels j'ai donné par opposition le nom de *régulateurs directs*. Il me reste à justifier ces dénominations.

Pour avoir une enceinte toujours à une température uniforme on la constitue par un vase entouré d'eau de tous côtés, cette enveloppe liquide distribue régulièrement la chaleur autour de l'enceinte et l'empêche de subir de brusques variations, elle constitue un véritable *volant de chaleur*. Le régulateur proprement dit, est plongé d'habitude dans ce volant de chaleur, à la manière d'un thermomètre. Par conséquent l'appareil ne règle la température que pour l'endroit fort restreint qu'il occupe. De plus, le

(1) Voir Société de Biologie (Séance du 5 août 1876).

foyer chauffe d'abord le matelas liquide, c'est-à-dire l'enceinte elle-même, la chaleur doit ensuite se transmettre au régulateur qui est d'autant plus paresseux à se mettre en équilibre avec elle, que ses parois et le liquide dilatable dont il est formé, sont eux-mêmes moins bons conducteurs du calorique et ont une capacité calorifique plus grande.

C'est pourquoi, malgré sa faible dilatation, on prend de préférence le mercure qui présente une très faible capacité calorifique.

Malgré cette précaution, la température du régulateur est toujours en retard sur la température du matelas liquide chauffé directement; l'appareil présente toujours un *temps perdu* qui le rend infidèle. De plus, le mercure enfermé dans une enveloppe aussi fragile que le verre, est toujours, en cas de rupture, un danger pour l'étuve faite en cuivre rouge et présentant des soudures que le mercure détruit rapidement.

J'ai paré à tous ces inconvénients et supprimé complètement l'usage du mercure par la méthode suivante, décrite en 1875 à la Société de biologie :

Je supprime tout régulateur indirect plongeant dans le matelas liquide environnant l'enceinte, et *j'utilise*, simplement, *les variations de volume de cette énorme masse de liquide, pour régler le passage du gaz allant au brûleur.* Cest là ce qui constitue l'originalité des régulateurs directs et leur exquise sensibilité.

On comprend, en effet, que le matelas liquide et le régulateur ne faisant plus qu'un même tout, il ne peut y avoir aucun retard dans la régulation.

L'étuve (figure 4) se compose :

De deux vases cylindro-coniques concentriques, limitant deux cavités; l'une centrale qui est l'enceinte qu'on veut maintenir constante, l'autre annulaire, que l'on remplit par la douille 3 et qui constitue à la fois le matelas liquide soumis à l'action du foyer et le régulateur proprement dit.

La paroi externe de l'étuve, porte une tubulure latérale 2, qui communiquant avec l'espace annulaire, se trouve fermée à l'extérieur par une membrane verticale de caoutchouc. Cette membrane constitue, une fois la douille 3 bouchée, la seule portion de paroi qui puisse traduire à l'extérieur les variations de volume du matelas d'eau *en les totalisant.*

Or, le gaz qui doit aller au brûleur est amené par le tube 4 qui débouche normalement au centre de la membrane et à une faible distance de sa surface extérieure. Une fois réglé, il s'échappe de la boîte 7 par le tube 5, pour aller au brûleur 6, tube et membrane constituant de la sorte un robinet très sensible, dont le degré d'ouverture est sous la dépendance des variations de volume du matelas d'eau, et qui ne laisse aller au brûleur 6 que la quantité de gaz strictement nécessaire pour compenser les causes de refroidissement.



Fig. 4.

Dans cette combinaison, le combustible chauffe *directement* le régulateur qui, à son tour, réagit *directement* sur le combustible, ainsi se trouve justifiée l'épithète appliquée à ces régulateurs qui ne peuvent présenter aucun *temps perdu* dans la régulation.

Le maniement en est fort simple :

1° Après avoir ouvert la douille du haut, 3, qui communique

avec l'espace annulaire 1, *on remplit cet espace d'eau récemment bouillie*, et par conséquent privée d'air, cette condition est essentielle et ce remplissage est fait une fois pour toutes.

2° Sans fermer la douille, on plonge un thermomètre dans l'eau, et, après avoir ajusté les tubes de cautchouc, on allume le brûleur 6; la température s'élève peu à peu.

3° Lorsque l'appareil est à la température désirée, on retire le thermomètre et l'on replace sur la douille le bouchon avec le tube de verre 3 qui le surmonte.

L'appareil se trouve définitivement réglé pour cette température, et voici par quel mécanisme : le tube qui amène le gaz porte un petit disque mobile qui, s'appliquant sur la membrane, tend sans cesse à la repousser, grâce à l'élasticité d'un petit ressort à boudin qu'on voit sur la figure.

Tant que la douille 3 est ouverte, l'eau provenant de la dilatation s'écoule au dehors, et le gaz continuant d'affluer librement au brûleur 6 par la tubulure 5, la température s'élève d'une façon continue, mais, lorsqu'on met le bouchon surmonté du tube, l'eau provenant de la dilatation, au lieu de se perdre, monte dans le tube de verre, et cette colonne d'eau exerce sur la membrane une pression de plus en plus forte qui, surmontant graduellement l'élasticité du boudin, rapproche de plus en plus la membrane de l'orifice d'arrivée du gaz, dont le débit se trouve ainsi réglé.

Le tube qui amène le gaz porte un pas de vis qui permet de l'éloigner ou de l'approcher de la membrane; un contre-écrou sert à fixer le tube dans sa position. Si le gaz ne passait pas au moment de l'allumage, cela prouverait que le tube touche la membrane, on n'aurait qu'à le reculer en dévissant pour donner passage au gaz.

Si, au moment du réglage, la flamme ne baissait pas, malgré l'élévation de la colonne d'eau dans le tube de verre, cela prouverait que l'orifice d'arrivée du gaz est trop loin de la membrane et on visserait le tube jusqu'à ce que la flamme baisse.

En résumé, pour faire fonctionner l'appareil, il faut :

1° Remplir complètement d'eau bouillie l'appareil par la douille 3;

2° Mettre dans cette douille un thermomètre *qui ne la bouche*

pas et laisser l'écoulement libre pour l'eau venant de la dilatation;

3° Allumer le brûleur et dévisser légèrement le tube 4 si le gaz ne passait pas.

4° Quand le thermomètre marque la température voulue, on l'enlève et on le remplace par le bouchon qui porte le tube de verre..

5° On visserait légèrement le tube 4 si la flamme ne baissait pas, malgré l'élévation de l'eau dans le tube 3.

L'appareil est définitivement réglé, on peut l'éteindre; au rallumage, il tombera automatiquement à la même température.

Cette disposition est très commode en ce sens qu'elle supprime tout régulateur indépendant et que l'appareil se trouve réglé une fois pour toutes. Si l'on veut utiliser toute la sensibilité de l'instrument, on peut supprimer le tube de verre et boucher hermétiquement la douille 3. Seulement il ne faut pas oublier de la déboucher lorsqu'on éteint le gaz, pour permettre à l'air de rentrer lorsque l'eau se contracte.

J'ai insisté un peu longuement sur la description du régulateur direct parce qu'il est la base de tous mes appareils calorimétriques. On voit, comme je le disais en commençant, que cet appareil *est un grand thermomètre périphérique creux dans la cavité duquel on loge le corps à étudier.* On retrouvera ce principe dans tous mes appareils, la seule différence est que je remplacerai parfois le liquide dilatable par une tension de vapeur ou un gaz dont je *totaliserai* toujours par le même mécanisme les variations de volume.

On voit sur quel principe très simple reposent ces appareils. Leur sensibilité n'a pas de limite bien que la construction de l'appareil ne demande aucune précision.

Une étuve contenant 20 litres d'eau peut maintenir facilement une température à moins de $\frac{1}{50}$ de degré dans son intérieur, si cet intérieur est hermétiquement clos. Mais on peut aller beaucoup plus loin et dans mon grand calorimètre la *température moyenne* ne varie pas de $\frac{1}{100}$ de degré quand l'appareil est bien monté.

Le dispositif ci-dessus est applicable seulement aux étuves de petite capacité servant à l'incubation ou pouvant contenir un animal de moyenne taille. Dans le cas où on veut avoir de grands

espaces à température constante, capables de contenir une ou plusieurs personnes pour la calorimétrie humaine ou certaines expériences de physique, la forme de l'étuve est modifiée de la façon suivante :

1° Le régulateur est séparé de l'étuve proprement dite;

2° Le chauffage a lieu par la vapeur d'eau.

L'étuve (figure 5) n'a plus de fonds; deux grands cylindres verticaux concentriques limitent un espace annulaire 1 qui est rempli par de l'eau constituant le corps dilatable. Cette eau est mise, par l'intermédiaire du tube 5, en communication avec la membrane régulatrice qui se trouve sur un pied isolé.

Cette séparation du liquide dilatable et du régulateur proprement dit présente de grands avantages. J'ai pu faire de ce

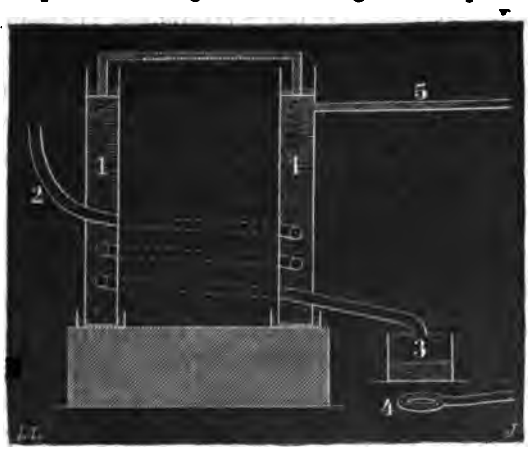


Fig. 5.

dernier, en le modifiant un peu, un appareil indépendant très simple, d'un emploi tout à fait général, qui peut servir à régler toutes les températures et aussi toutes les pressions. Je le décrirai ci-dessous.

Le matelas liquide est mis en communication par le tube de plomb 5 avec le régulateur indépendant décrit ci-dessous. Les fonds de l'étuve sont à fermeture hydraulique d'huile pour qu'on puisse analyser les gaz de l'étuve sans les mettre en communication avec l'air extérieur.

L'action directe de la flamme sur des surfaces métalliques aussi grandes présenterait l'inconvénient de faire gondoler le métal.

J'évite cet inconvénient en prenant la vapeur d'eau comme source de chaleur intermédiaire. Pour cela, le matelas liquide 1 est traversé par un serpentin 2, dont la partie inférieure est terminée par une bouillote 3 aux trois quarts remplie d'eau. Le brûleur 5 qui reçoit le gaz du régulateur porte l'eau à l'ébullition; la vapeur cède sa chaleur au serpentin, s'y condense et retombe constamment dans la bouillote 3 pour être vaporisée de nouveau.

Ce mode de chauffage est très régulier et ne fait pas jouer du tout le métal de l'étuve.

Il est même très facile de savoir quelle est la quantité de chaleur fournie à l'appareil pour maintenir sa température, il suffit pour cela de placer la bouillote en 2 et de recueillir l'eau condensée dans le serpentin et qui s'écoule par l'extrémité la plus basse. Comme on connaît la chaleur de volatilisation de la vapeur d'eau, le volume de l'eau condensée donne le nombre de calories fournies à l'appareil. Je me suis servi de cette méthode dans quelques cas pour la calorimétrie des grands animaux et aussi pour vérifier la loi de Newton.

Lorsqu'on a pas de gaz à sa disposition et qu'on veut maintenir la température constante vers 35 ou 37 degrés, je remplis la bouillote 3 d'éther sulfurique que je chauffe avec une source de chaleur quelconque. Il faut dans ce cas mettre un réfrigérant en 2 pour éviter toute perte d'éther. C'est ce dispositif, considérablement réduit que j'ai employé pour mes recherches thermo-électriques et que M. le Docteur Redard a utilisé sur mon conseil pour ses recherches cliniques de thermométrie électrique.

Je vais passer à présent rapidement en revue les différentes formes de régulateurs que j'annexe au matelas liquide suivant les sources de chaleur qu'on a à sa disposition.

Je ne crois pas cette description inutile car dans bien des cas l'expérimentateur sera heureux d'utiliser un quelconque de ces procédés.

La figure 6 représente une des formes du régulateur indépendant annexé à l'appareil figuré en 5.

Il se compose d'un pied à vis calantes portant une membrane de caoutchouc horizontale 2 dont la surface inférieure est mise en rapport avec le matelas liquide à une distance quelconque par un fin tube de cuivre rouge qui ne lui communique aucune

chaleur. (La figure représente un réservoir cylindrique qui correspond à un autre cas.) La surface supérieure de la membrane est comprimée par un piston métallique 3, lié à une tige verticale portant un plateau 9 qu'on peut charger de poids. Le gaz



Fig. 6.

arrive par le tube 5 et sort par le tube 7 à la manière ordinaire, un robinet 6 constitue la prise de gaz indépendante empêchant l'extinction accidentelle du brûleur. Dans le cas où le corps dilatable de l'étuve est de l'eau ce régulateur fonctionne comme celui qui est adapté à l'étuve de la figure 4, avec cette seule différence que, n'adhérant pas à l'étuve on peut porter cette dernière jusqu'à 100 degrés sans craindre de détériorer la membrane de caoutchouc du régulateur.

Au lieu de constituer le matelas liquide environnant l'enceinte par un liquide, j'emploie quelquefois des vapeurs qui donnent partout la même température et dont je règle la tension par ce régulateur. C'est pour cela qu'il porte le plateau 9 qu'on charge de poids qui règlent d'une façon absolue la tension de ces vapeurs et par conséquent la température elle-même, ce procédé est excessivement précis.

Lorsque la vapeur doit acquérir une tension dépassant plu-

sieurs atmosphères, j'emploie l'appareil suivant (fig. 7) (1).

La membrane de caoutchouc 8 est recouverte par un piston 2 qui glisse librement dans la boîte à gaz et que surmonte une tige 5 qui lui transmet la pression exercée par le contre-poids 6 agissant par l'intermédiaire d'un levier articulé.

La membrane se trouve chargée de la sorte comme une véritable soupape de sûreté; sa face inférieure est mise par le tube 1 en communication avec le générateur de vapeur. Le gaz arrive comme d'habitude par le tube 3 et se rend au brûleur par le tube 4.

La membrane étant chargée pour se soulever à 5 atmosphères, par exemple, tant que cette pression n'est pas atteinte, le gaz afflue au brûleur, mais lors qu'on arrive à 5 atmosphères, la membrane est soulevée par la pression de la vapeur et règle alors

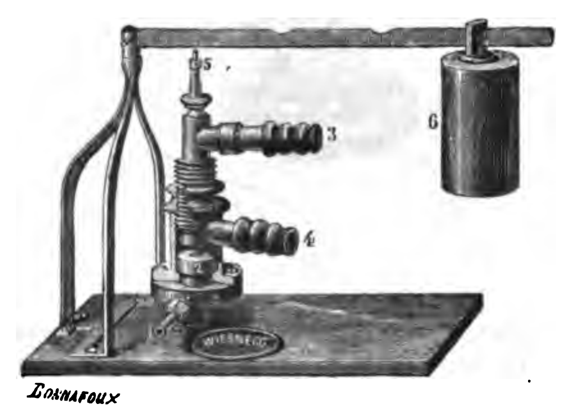


Fig. 7.

l'écoulement du gaz, la pression à partir de ce moment reste invariable. Un simple déplacement du contre-poids change la pression dans la chaudière en maintenant constante cette nouvelle pression. Je me suis servi de ce moyen entr'autres pour faire sans danger des expériences avec la marmite de Papin, et sous pression absolument fixe pendant des semaines entières.

On pouvait craindre à priori qu'une faible membrane de caoutchouc ne résistât pas longtemps à des pressions aussi considérables. L'expérience a montré qu'il n'en était rien. D'abord

(1) Voir Catalogue de Wiesnegg 1877.

l'appareil étant placé à distance, la membrane reste froide, d'un autre côté elle supporte des pressions égales sur ses deux faces qui, par conséquent s'annulent et ne peuvent la déchirer.

M. Wiesnegg a dans ses ateliers un semblable régulateur qui

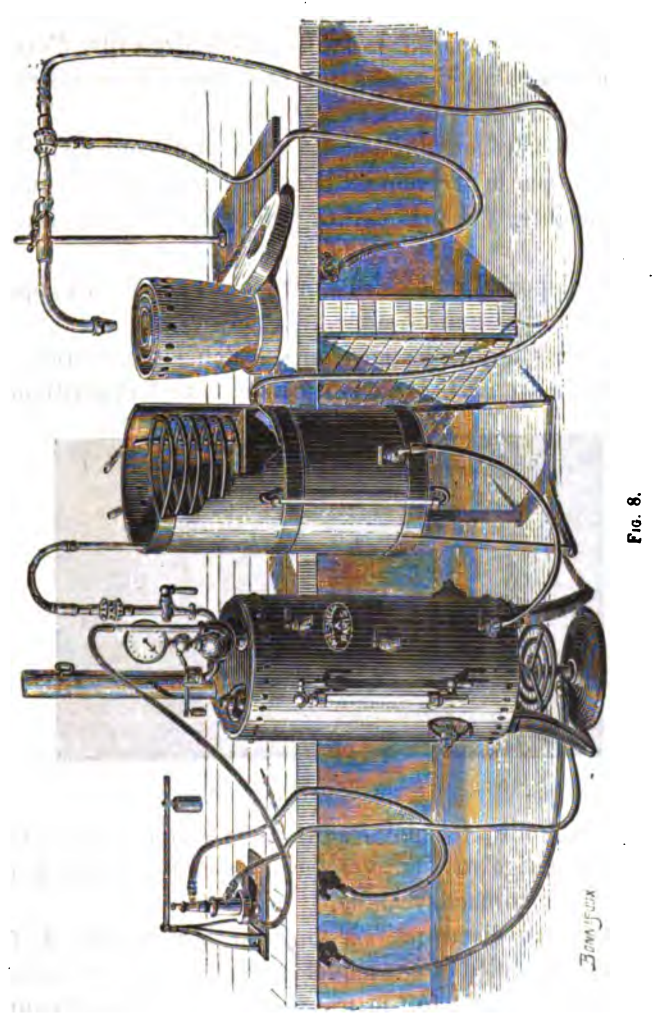


Fig. 8.

fonctionne tous les jours depuis février 1876, et dont la membrane n'a pas encore été changée. Je l'avais installé pour chauffer à pression constante une petite chaudière à vapeur destinée à comprimer régulièrement de l'air par entraînement de vapeur. Cet air était destiné à l'obtention de hautes températures. Depuis

cette époque, l'appareil représenté figure 8 est devenu d'un usage courant dans les laboratoires et certaines industries pour l'obtention des hautes températures. Il maintient constante la pression de la vapeur, quel qu'en soit le débit, et n'use de gaz que proportionnellement à la vapeur dépensée. Enfin on n'a aucune chance d'explosion à redouter, tout en supprimant toute surveillance de l'appareil. Je donne cette figure à titre d'exemple des nombreuses applications que peut recevoir un instrument inventé d'abord pour un but déterminé.

Au lieu de faire fonctionner le régulateur d'écoulement du gaz directement par la pression ou la dilatation du matelas environnant l'enceinte, j'ai pris parfois l'électricité comme intermédiaire.

C'est le dispositif représenté figure 9 qui donne aux appareils une sensibité presque illimitée.

Dans ce cas le matelas environnant l'enceinte est relié à un petit manomètre en U contenant du mercure 1 et mastiqué sur

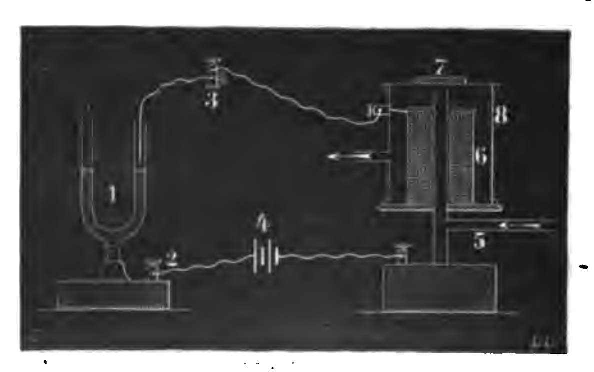


Fig. 9.

un pied en fonte, le mercure du tube communique avec la borne 2, une tige métallique 3 ferme le circuit quand le mercure arrive en contact avec elle.

Le régulateur électrique est constitué par un tube de fer 5 reposant sur un pied et par lequel arrive le gaz. Ce tube est entouré d'une bobine 6 qui le transforme en électro-aimant par le passage du courant venant de la pile 4; une membrane de fer blanc 7 très légère est fixée à une boîte métallique 8 en face du tube de fer, à la façon d'une membrane de téléphone. Quand le courant passe le disque 7 est attiré et vient boucher l'arrivée du

gaz. Le fonctionnement de ce régulateur se comprend d'ailleurs au seul aspect de la figure. Les moindres variations de température, grâce à ce dispositif retentissent immédiatement sur la source de chaleur. En remplaçant l'étuve par un simple thermomètre avertisseur ordinaire on transforme ce robinet en un régulateur électrique de température.

Dans la pratique j'ai renoncé à ce dispositif qui complique l'installation, je le signale uniquement pour montrer que l'emploi de l'électricité nous offre toujours quelque ressource nouvelle.

Régulateurs sans gaz.

Dans tout ce qui précède, j'ai raisonné dans l'hypothèse qu'on pouvait employer le gaz d'éclairage comme corps combustible; c'est le cas le plus ordinaire et le plus commode, mais ce n'est pas le cas le plus général.

Dans certaines expériences, surtout à la campagne, j'ai dû,

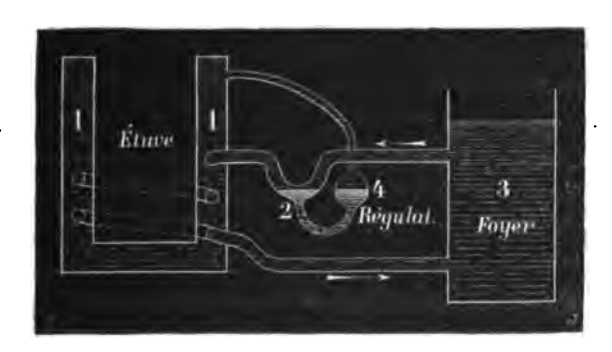


Fig. 10.

pour avoir des températures constantes, employer d'autres moyens qu'il peut être utile de signaler.

Et d'abord s'il s'agit d'obtenir une température fixe vers 37 degrés on peut employer l'ébullition de l'éther ou des différents mélanges que j'ai indiqués plus haut. Ce procédé est très commode pour l'incubation artificielle, mais il ne répond pas à tous les besoins. C'est pour cette raison que j'ai imaginé d'autres dispositifs; je décris ci-dessous ceux d'entre eux qui m'ont donné dans la pratique les meilleurs résultats.

1° *Thermo-siphon régulateur* (1). — Cet appareil, avec ses deux variantes, a été inventé en 1876 pour un cas particulier que voici : il s'agissait de désssécher un corps explosif avec un foyer dont on ne pouvait pas régler l'activité, et qui, d'autre part devait se trouver éloigné du corps à dessécher.

L'étuve 1 est alors chauffée à distance par un thermo-siphon 3 à l'aide d'un serpentin. Ce serpentin sort en dehors et se recourbe en U comme on le voit en 2. Ce tube 2 est terminé en Y, et mis en rapport avec une boule 4 contenant du mercure.

La partie supérieure de la boule est reliée avec un matelas

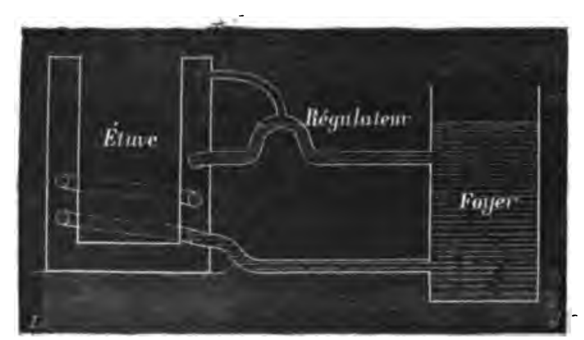


Fig. 11.

liquide dont la dilatation fait monter le mercure dans le tube en U. Quand la température s'élève trop, l'U se remplit de mercure et la circulation d'eau chaude dans le thermo-siphon est ralentie. L'étranglement du thermo-siphon règle ainsi automatiquement la circulation du liquide chaud. Le foyer 3 peut être placé à une distance quelconque de l'étuve 1 et son ardeur peut être également quelconque, comme il est facile de le comprendre.

Dans la variante représentée figure 11, je suis arrivé à supprimer l'emploi du mercure pour régler le thermo-siphon.

Dans ce cas le matelas liquide de l'étuve est remplacé simplement par de l'air. Le tube en U a sa convexité fournie vers le haut. Quand l'air de l'enceinte, chauffé par le serpentin du thermo-siphon a acquis le dégré voulu, il se dilate, refoule le liquide du thermo-siphon et en arrête la circulation. Cet appareil, très simple de construction, a été installé en 1877 dans une

(1) Voir Comptes rendus de l'Académie des sciences et Société de biologie. (Séance du 5 août 1876.)

grande usine et y fonctionne parfaitement depuis cette époque. Les étuves sont de grands séchoirs et l'air servant de régulateur est enfermé dans de grandes bouteilles métalliques placées à chaque coin des pièces. La température, malgré les variations de pression barométrique, oscille dans des limites très étroites (1 à 2 degrés), précision plus que suffisante dans la plupart des opérations industrielles.

2° *Régulateurs à essence de pétrole* (1). — Quand la source de chaleur peut être mise sans inconvénient sous l'étuve, j'ai employé les deux dispositifs suivants qui sont très simples et donnent de bons résultats.

Dans la figure 12 la source de chaleur est une simple lampe à essence de pétrole dont la flamme est réglée de la façon suivante : L'appareil régulateur se compose d'un électro-aimant 1, attirant un levier 2, qui soulève lors de l'attraction un petit tube 3, placé autour de la mèche de la lampe à essence minérale. Quand la mèche est complètement dégagée du tube, elle brûle à pleine flamme et chauffe fortement, quand au contraire, le tube la recouvre, elle ne donne qu'un point lumineux, et chauffe très peu. L'électro-aimant fonctionne soit à l'aide d'un thermomètre électrique soit par le liquide de l'étuve comme précédemment. Ce petit appareil très simple marche parfaitement et ne brûle de



FIG 12.

combustible que la quantité strictement nécessaire au maintien de la température.

Je l'ai encore simplifié en supprimant complètement l'intervention de l'électricité grâce au dispositif suivant représenté figure 13.

(1) Voir *Lumière électrique*, 18 octobre 1881.

Le tube régulateur de la flamme 1 est porté par un flotteur placé au-dessus de la lampe; le liquide du matelas de l'étuve est mis en communication avec le tube 2. Quand la température

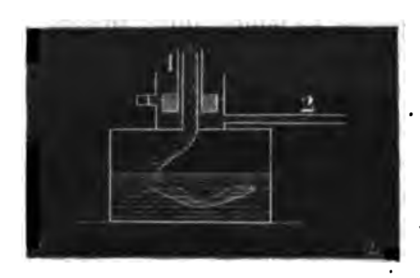


Fig. 13.

s'élève, le liquide provenant de la dilatation soulève le flotteur et fait baisser la flamme de la lampe. Pour éviter l'évaporation on place le flotteur sur de la glycérine ou de l'huile. Tant qu'on veut laisser monter la température on débouche une ouverture latérale représentée à gauche sur la figure. Le liquide provenant de la dilatation s'écoule à l'extérieur; quand on veut fixer cette température il n'y a qu'à boucher l'orifice, la dilatation du liquide fait alors monter le flotteur.

J'ai remplacé parfois la membrane de caoutchouc de mes régulateurs par un simple tube de même substance à parois très minces (fig. 14).

Ce tube est placé dans un tube de verre plus large qui est



Fig. 14.

lié à ses deux extrémités 3 et 4; le tube de verre est muni de 2 tubulures latérales; l'une 1 est mise en rapport avec le liquide dilatable, l'autre 2 sert de tube de niveau. Quand la température monte, le liquide s'élève dans le tube 2 et exerce sur les parois du caoutchouc une pression qui l'aplatit de plus en plus. Le courant de gaz ou d'eau chaude qui traverse le tube pour

aller chauffer l'étuve diminue progressivement d'intensité. Cet appareil, moins sensible que la membrane peut être construit extemporanément, c'est pourquoi je le signale.

Régulateurs d'écoulement (1).

Dans bien des cas on veut chauffer des liquides à température constante, et pourtant on ne peut pas songer à régler l'activité du foyer. C'est le cas notamment qui se présente pour le chauffage des vins par le procédé Pasteur, c'est également le cas de mon calorimètre dont la température ne doit pas varier, et qui, cependant, porte dans son intérieur un foyer de chaleur dont il faut mesurer l'ardeur.

Pour obtenir ce résultat je n'ai eu qu'à modifier légèrement le régulateur à membrane décrit ci-dessus. Dans ce cas le tube

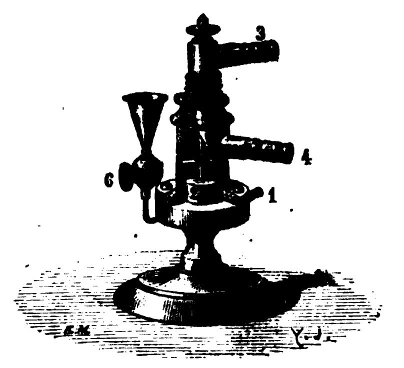


Fig. 15.

d'arrivée 3 porte une soupape 5 qui s'ouvre de bas en haut de telle sorte que, lorsque la membrane surmontée d'un galet métallique 2 se soulève, au lieu de fermer le tube 3 comme dans le premier régulateur, elle soulève la soupape 5 qui, au contraire, ouvre le tube et produit l'écoulement. Le fonctionnement se comprend très facilement. Lorsque l'ardeur du foyer diminue la membrane se retire, la soupape laisse passer moins de liquide, quand au contraire la vivacité de la source calorifique augmente l'effet inverse se produit, il passe par le foyer une plus grande quantité de liquide.

On comprend, que par ce mécanisme le liquide, à sa sortie

(1) Voir Catalogue Wiesnegg 1877, et Société de biologie (Séance du 5 août 1876).

de l'appareil, ***présente toujours la même température, quelle que soit l'ardeur du foyer.*** De plus, ***la quantité de liquide écoulé en un temps donné sert de mesure à l'activité de la combustion.*** C'est précisément là le principe de ma première méthode calorimétrique. Je m'en suis servi pour mesurer industriellement la puissance calorifique d'un combustible, et, un ingénieur dont le nom m'échappe, a même ultérieurement appliqué ce principe à la construction d'un pyromètre industriel.

La soupape de cet appareil, présentait parfois l'inconvénient de n'être pas parfaitement étanche, et le moindre grain de poussière suffisait pour cela. C'est pourquoi dans mes calorimètres j'ai remplacé ce régulateur par le suivant, basé d'ailleurs sur le même principe. Dans le nouvel appareil (fig. 16)

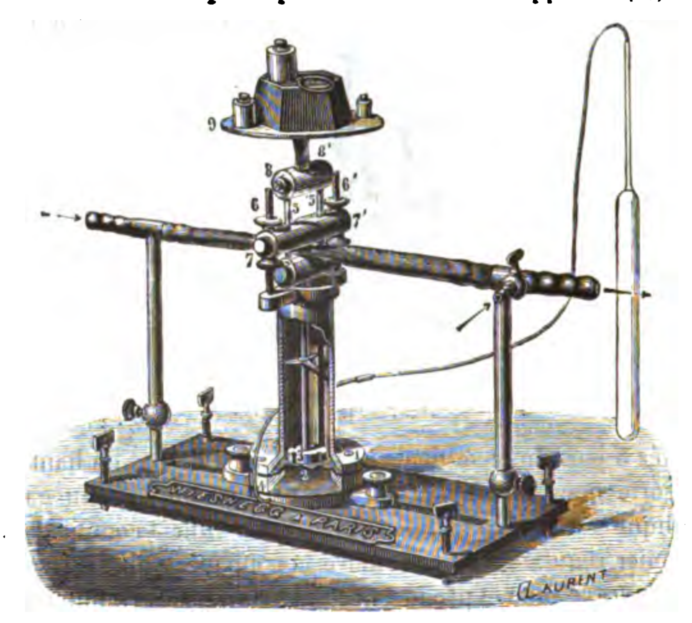


Fig. 16.

le liquide passe à travers un tube de cooutchouc à parvis minces, reposant sur un cylindre que peut soulever la membrane 2 par l'intermédiaire du galet 3 et de la tige portant le plateau 9. Un second cylindre fixé 7 sert de buttée et le tube de caoutchouc vient s'y écraser plus ou moins suivant le degré de soulèvement de la membrane 2; si, au contraire, l'on met le caoutchouc sur la traverse en 5'5', l'appareil fonctionne à la manière d'un ré-

gulateur ordinaire. Cet instrument étant muni d'un plateau qu'on peut charger de poids, s'applique également à la régulation par tension de vapeurs. Il répond par conséquent à tous les cas; c'est pourquoi je l'ai appelé *régulateur universel* ou encore *régulateur à guillotine* à cause de sa forme.

Ce régulateur fonctionnant par écrasement du tube de caoutchouc est absolument étanche et d'une régularité parfaite. Nous allons le retrouver un peu simplifié, appliqué au calorimètre.

Je m'arrête dans la description des différents moyens que j'ai imaginés pour avoir une température constante. Ce que j'ai dit suffit pour montrer qu'il est toujours possible, et même facile d'avoir une température fixe, *quelle que soit la source de chaleur qu'on a à sa disposition.*

Appareils calorimétriques.

Après avoir décrit en détail les enceintes à température fixe où on doit placer les calorimètres je vais passer à la description de ces appareils, description qui sera singulièrement abrégée par ce qu'on vient de lire.

Mes appareils calorimétriques actuels se divisent en deux catégories : la première comprend tous les calorimètres à température fixe, la seconde ceux dont la température est variable.

1° Calorimètres à température fixe.

Dans le premier en date de ces instruments, la chaleur cédée au calorimètre lui est constamment enlevée au fur et à mesure de sa production par un courant d'eau, qui entrant à zéro, en ressort à la température ambiante T. Cette eau gagne donc T calories par litre écoulé, et la mesure de la chaleur produite est ramenée ainsi à celle d'un écoulement liquide. Dans cette méthode il faut avoir un liquide à une température plus basse que celle de l'air pour enlever au calorimètre la chaleur qui se produit dans son intérieur, et il faut néanmoins que ce liquide soit à une température fixe. J'ai donc dû m'occuper d'une seconde question : *l'obtention de températures constantes inférieures à la température ambiante.*

Le moyen le plus simple que j'ai employé tout d'abord, consiste à prendre de l'eau à la température de la glace fondante,

mais comme il n'est pas toujours possible d'avoir de la glace j'ai dû chercher d'autres procédés que je vais signaler rapidement.

Le suivant qui est très précis est basé sur l'ébullition des gaz liquéfiés. Dans le réservoir contenant l'eau qu'on veut maintenir à basse température et qui doit servir à refroidir le calorimètre, on place un cylindre métallique contenant du chlorure de méthyle que l'industrie livre couramment aujourd'hui. Ce liquide, à la pression ambiante, bout à — 23°. Si on laissait le cylindre librement ouvert il abaisserait la température de l'eau à—23° par conséquent. Par un dispositif très simple je fais bouillir ce liquide à une température constante quelconque, inférieure à la température ambiante jusqu'à—23° (voir une note à l'Institut, du 25 août 1879). Pour obtenir ce résultat je munis le réservoir de chlorure de méthyle d'une soupape de sûreté ordinaire à travers laquelle la vapeur méthylique peut s'échapper. En chargeant graduellement cette soupape, j'élève la température d'ébullition du chlorure de méthyle, qui reste constante pour une même charge de la soupape.

Quand la soupape est sans charge, la température obtenue est — 23°.

Pour	320^{mm}	de mercure,	elle égale	— 15°
—	550	—	—	— 10°
—	1,130	—	—	0°
—	1,490	—	—	+ 5°

On fait en un mot varier la température tout en la maintenant constante par un simple glissement du levier de la soupape, comme dans une machine à vapeur. Ce moyen peut être précieux dans bien des recherches. Plus récemment j'ai remplacé le chlorure de méthyle par l'acide carbonique liquide, qu'on trouve aujourd'hui dans le commerce à meilleur compte, et qui permet de descendre jusqu'à 70 degrés au-dessous de zéro, avec les mêmes facilités.

Avant qu'on eût la facilité de se procurer les gaz liquéfiés, j'avais employé comme sources de froid les deux dispositifs suivants, que je crois utile d'indiquer :

Le premier consiste à employer comme source de froid l'appareil Carré à ammoniaque, qui sert à fabriquer la glace dans les laboratoires (voir fig. 17).

On sait que cet appareil produit le froid dans le vase 2 par

suite de la volatilisation de l'ammoniaque liquéfiée, qui vient se redissoudre dans l'eau du vase 1. Ce froid est d'autant plus intense que la dissolution se fait plus vite, c'est-à-dire que l'eau du vase 1 est elle-même plus froide. Cela posé, pour régler la

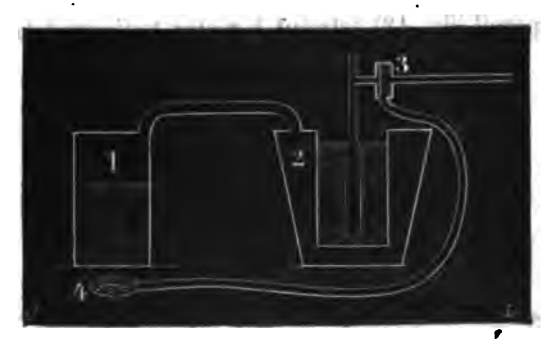


Fig. 17.

production du froid, je chauffe l'eau du récipient 1, dans laquelle l'ammoniaque liquéfiée du vase 2 vient se dissoudre en produisant le froid par son évaporation.

Plus cette eau est chaude, moins elle dissout le gaz rapidement et moins, par conséquent, est rapide la production du froid.

Soient 1 le vase contenant l'eau, 2 celui qui contient le gaz ammoniac et l'eau à maintenir à température constante. On plonge dans l'eau un régulateur 3, semblable à celui représenté dans la figure 3 de cet article et qui amène le gaz sous le brûleur 4. Si la température s'abaisse trop en 2, le régulateur ouvre le gaz qui chauffant davantage le vase 1, ralentit la dissolution du gaz. L'inverse a lieu si la température en 2 n'est pas assez basse, avec ce dispositif qui ne nécessite aucune modification aux appareils commerciaux, on obtient très régulièrement des températures pouvant atteindre — 50° et qui restent absolument constantes, on a également l'avantage de ne pas perdre le gaz liquéfié, et pour produire le froid, tout se borne, en somme, à brûler du gaz d'éclairage.

Le second moyen consiste à produire le froid en évaporant de l'éther sulfurique par un courant d'air provenant d'une soufflerie hydraulique (trompe de laboratoire). Pour rendre la température constante, on se sert des régulateurs d'écoulement des figures

15 et 16. Quand la température s'abaisse trop, le régulateur modère le courant d'air, il l'active dans le cas inverse.

Ayant ainsi donné les moyens d'obtenir une température fixe quelconque, supérieure ou inférieure à la température ambiante, je passe à la description du calorimètre proprement dit.

Cet appareil (fig. 18) astreint à rester toujours à la température ambiante, est donc lui-même un appareil à température constante, qui contient dans son intérieur un foyer d'ardeur variable dont il s'agit de mesurer l'intensité.

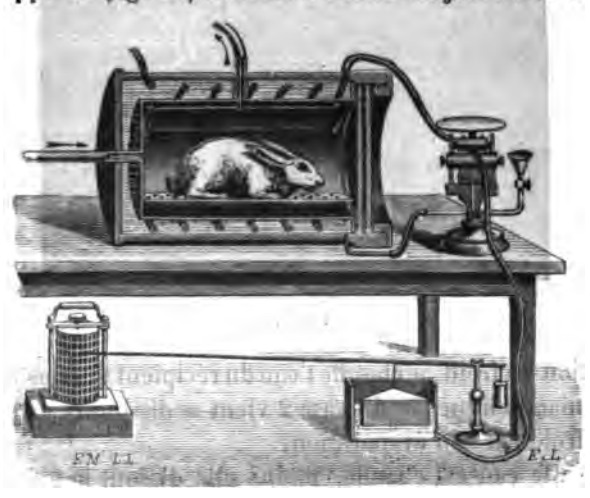


FIG. 18.

Comme l'étuve de la figure 4, cet appareil se compose de deux cylindres concentriques qui limitent deux cavités; une centrale, où est placé l'animal en expérience, l'autre annulaire, qui renferme le matelas liquide dilatable. Ce liquide est traversé par un serpentin, à travers lequel passe le liquide réfrigérant destiné à enlever la chaleur produite au fur et à mesure de sa production.

Pour cela, un des bouts du serpentin (celui de gauche dans la figure 18) est relié avec le vase contenant l'eau à température constante (zéro si on emploie la glace), le second bout est en rapport avec le régulateur d'écoulement par écrasement décrit figure 16 et simplifié comme on le voit figure 18. La surface inférieure de la membrane du régulateur est mise en communication avec le matelas liquide à la manière habituelle. On le règle

de telle sorte qu'aucun écoulement n'ait lieu quand le calorimètre est à la température ambiante.

On introduit alors la source de chaleur (lapin dans le cas de la figure). La membrane se soulève et l'écoulement commence, d'autant plus rapide que la source de chaleur est elle-même plus énergique; et cela, sans secousse, grâce à la continuité parfaite du régulateur par écrasement. La *température moyenne* du calorimètre, pendant tout ce temps ne varie pas de 1/100 de degré.

Rien de plus facile que d'évaluer le nombre de calories produites en un temps donné. Il suffit de mesurer le volume d'eau qui a traversé le serpentin. En effet, supposons que l'eau du réfrigérant soit à zéro et le calorimètre à + 15° : l'eau entrant à zéro et sortant à + 15, enlève donc 15 calories au calorimètre par litre écoulé.

La mesure de la chaleur dégagée, étant ainsi ramenée à la mesure d'un volume liquide, il est facile d'inscrire les phases correspondantes du dégagement de chaleur. Pour cela j'ai employé un dispositif utilisé antérieurement par M. Marey. Le liquide se rend dans un grand vase cylindrique muni d'un flotteur ne touchant pas la paroi. Ce flotteur est attaché à un long levier de bambou qui tend constamment à le soulever sous l'influence d'un contre-poids qu'on voit sur la figure 18. L'extrémité de ce levier porte une plume qui vient inscrire les phases de l'écoulement sur un cylindre faisant un tour en vingt-quatre heures et qui porte un papier divisé millimétriquement. On fait varier le bras de levier à volonté de façon qu'une course de la plume de 1 millimètre, corresponde à la calorie, le millimètre en abcisse correspondant à la minute de temps.

Pour contrôler l'exactitude de l'appareil, je lui ai fourni une quantité connue de chaleur et je l'ai comparée à celle qu'il m'a accusée. Voici une expérience qui a eu lieu sans inscription, par la simple mesure du volume écoulé :

Température du calorimètre...........		=	32°
On introduit un litre d'eau à...........		=	43°,5
Chaleur fournie à l'appareil en calories.		=	11°,5
Volume d'eau, à zéro, écoulé..........		=	349cc
Chaleur retrouvée.........	349 × 32	=	11,168 calories.

On a donc retrouvé la chaleur fournie avec une exactitude suffisante.

L'expérience qui suit a été faite avec inscription graphique pour connaître les phases du phénomène.

J'ai placé dans le calorimètre un litre d'eau à 100°. Le refroidissement avait lieu par rayonnement, dans une enceinte à 30°; il a mis à peu près six heures à s'effectuer. La courbe représentée figure 19 indique les phases de ce refroidissement, on voit que l'on retrouve sensiblement les trente calories fournies à l'appareil, et la régularité de la courbe montre que l'écoulement se fait sans intermittences. D'un grand nombre d'expériences de contrôle analogues, j'ai pu conclure que cette méthode fournit des résultats d'une exactitude plus que suffisante pour l'étude que j'avais en vue.

Je ferai remarquer d'ailleurs *que l'erreur absolue de l'appareil reste sensiblement constante, tandis que l'erreur relative devient de plus en plus petite à mesure qu'on prolonge davantage l'expérience.* C'est là un des plus grands avantages de ma méthode.

Dans les nombreuses expériences que j'ai faites au Collège de France, j'ai pu supprimer l'enceinte à température constante environnant le calorimètre. Pour cela j'ai installé l'instrument dans une cave de mon laboratoire dont la température reste constante pendant des semaines entières et qui ne varie que de + 10 à + 12° dans le courant de l'année. C'est une condition qu'il est relativement facile de remplir dans la plupart des grands laboratoires et qui simplifie considérablement l'installation de l'appareil. On peut encore, comme je l'ai également indiqué, environner le calorimètre d'un grand réservoir annulaire plein d'eau, comme Berthelot l'a fait pour son calorimètre à eau.

Pour des expériences de physique, nécessitant une haute précision, j'ai indiqué une autre méthode susceptible d'applications en physiologie et qui laisse également invariable la température du calorimètre.

Cette méthode a été appliquée par moi en 1880 à la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur et décrite à la Société de physique et au congrès de La Rochelle, par M. Marcel Deprez.

Elle est basée sur la chaleur latente de volatilisation des liquides *en présence de leur vapeur saturée.* La figure 20 représente schématiquement le principe de cette méthode.

Soit 1 le calorimètre dont l'espace annulaire est mis en com-

munication avec un récipient en verre 2 gradué en centimètres cubes. Supposons l'espace annulaire rempli d'un liquide vola-

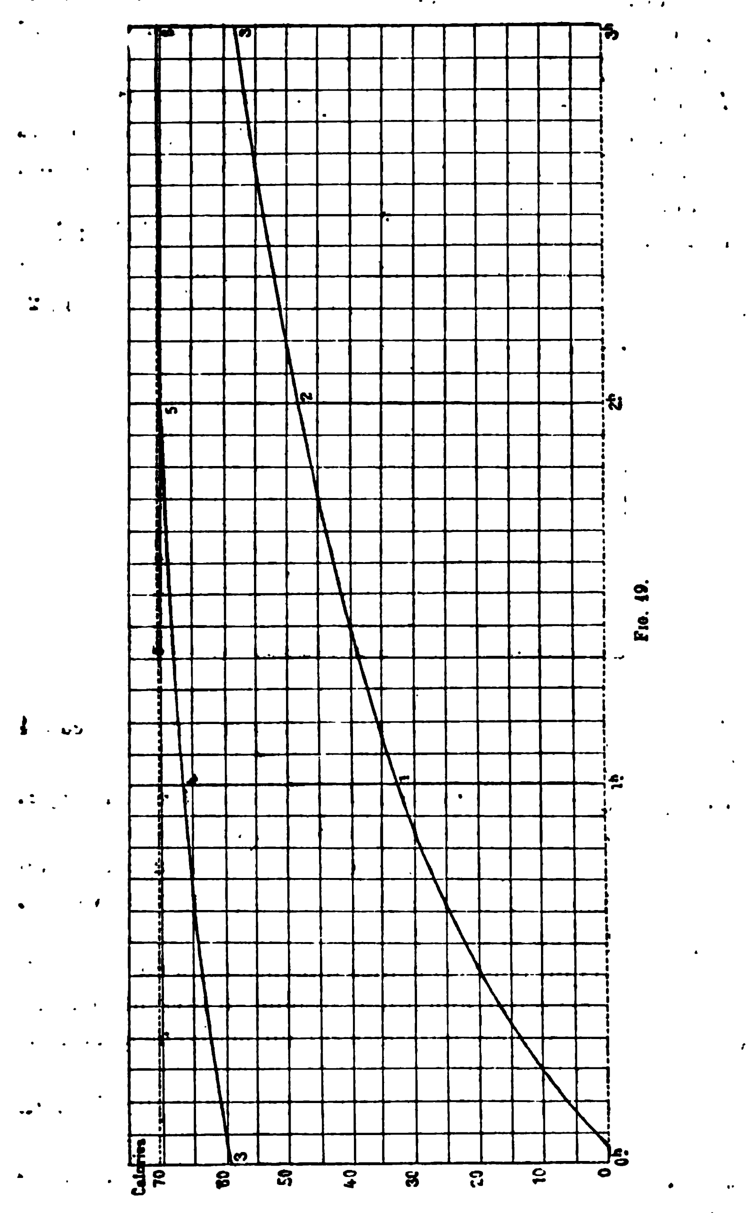


Fig. 49.

tile (éther sulfurique, acide sulfureux) on a fermé le tout hermétiquement *après avoir chassé l'air* par ébullition des réservoirs

1 et 2. Cette condition est essentielle, il faut que le liquide se trouve seulement en présence de sa propre vapeur saturée.

Cela fait, on place le réservoir 1 dans un vase 3 contenant de l'air. Ce vase 3 est lui-même plongé dans le vase 4 contenant de l'eau *en contact direct* avec le tube 2.

Les vases 1 et 2 étant toujours, quoi qu'il arrive, à la même température, aucune distillation ne peut avoir lieu du liquide de 1 vers 2, quelles que soient les variations de la température ambiante, c'est-à-dire du vase 4.

Il en sera tout autrement si on met une source de chaleur *dans l'intérieur* du calorimètre 1. Cette chaleur sera exclusivement employée à volatiliser le liquide de 1 et le faire distiller vers 2,

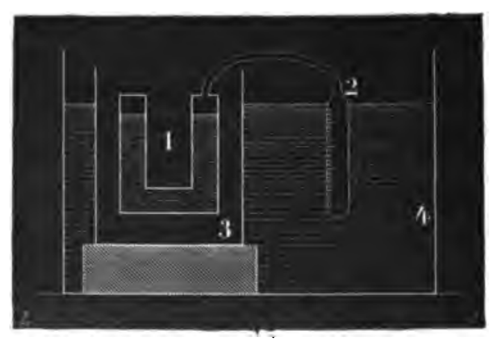


Fig. 21.

mais *sans pouvoir augmenter sa température* si la masse d'eau 4 est suffisante.

Le liquide distillera donc *sans changement de température*, et toute la chaleur produite est employée à la volatilisation.

Connaissant la chaleur latente de volatilisation du liquide, on obtient le nombre de calories en lisant simplement le volume du liquide passé en 2.

Cet appareil qui, pour les petites dimensions, a été construit tout en verre, est d'une exactitude absolue. Il présente l'avantage de pouvoir mesurer *intégralement* un dégagement de chaleur *quelque lent qu'il soit.*

Je reviendrai plus tard sur ces nombreuses applications en chimie organique.

J'ai apporté à cette méthode une modification qui m'a permis d'employer la balance pour évaluer la quantité de liquide volatilisé, et l'eau comme corps volatil.

Cette modification est reproduite figure 21.

Au fléau d'une balance sensible je suspens un vase 2 plein

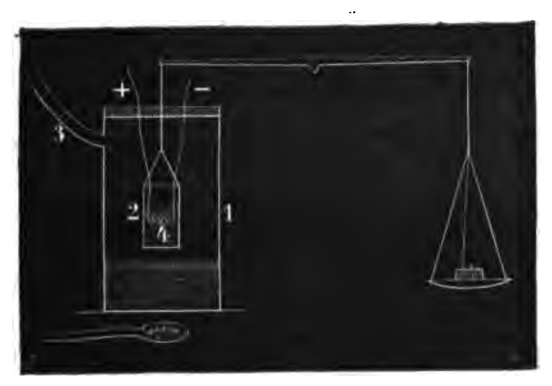


Fig. 21.

d'eau distillée. Ce vase plonge dans un vase plus grand 1 dans lequel on fait bouillir de l'eau. Quand l'eau du vase 2 est portée à 100°, comme elle se trouve plongée dans de la vapeur saturée à 100° également, aucune évaporation ne peut se produire dans le vase 2 tant qu'on maintient l'ébullition en 1, ce qui est facile grâce au réfrigérant 3.

On constate en effet que, quelle que soit la durée de l'expérience le poids du vase 2 reste invariable.

Mais supposons qu'on place en 2 une source de chaleur intérieure, par exemple une spirale métallique 4 traversée par un courant, tout change alors. *La chaleur cédée par le courant, et elle seule*, volatilise l'eau du vase 2, ce qui se traduit par une perte de poids que la balance donne exactement. Cette méthode m'a permis de mesurer très exactement le travail calorifique d'un courant proportionnel à RI^2 suivant la loi de Joule, et à obtenir R avec une grande précision; mais je n'ai pas à insister ici sur ces résultats, j'ai simplement voulu donner une vue d'ensemble de mes recherches calorimétriques et montrer une fois de plus que toutes les sciences expérimentales bénéficient de la découverte de nouvelles méthodes d'investigation.

Calorimètres par rayonnement ou à température variable.

Les méthodes décrites ci-dessus, reposant toutes sur l'invariabilité de température du calorimètre, sont d'une grande exacti-

tude; mais elles nécessitent de la part de l'opérateur une assez grande habitude de l'expérimentation. De plus, pour les employer, il faut une installation spéciale et disposer d'une source de froid compensatrice.

Pour de petits appareils, la chose est relativement facile, mais lorsque l'on doit faire de la calorimétrie sur de grands animaux ou sur l'homme, il faut autant que possible simplifier l'appareil instrumental. C'est pour atteindre ce but, qu'en janvier 1884, j'ai décrit dans mes leçons du Collège de France, une autre méthode plus simple que j'ai publiée en octobre dans le journal *La Lumière Électrique* et quelques mois après, avec plus de détails, à la Société de Biologie.

L'appareil qui la réalise est exactement semblable à mon premier calorimètre avec cette différence 1° que le corps dilatable entourant l'animal est de l'air, et 2° que la chaleur produite par cet animal est enlevée par le rayonnement de l'appareil au lieu de l'être par un courant d'eau.

Voici d'abord l'appareil que j'ai installé pour l'homme au Collège de France.

Le calorimètre proprement dit est toujours composé de deux vases cylindriques concentriques (comme dans tous mes autres appareils) limitant deux cavités : une intérieure 2 où se place l'homme, une annulaire 1 hermétiquement close *et pleine d'air*. Cette cavité est en communication par le tube 3 avec un manomètre en U figuré en 4 et rempli d'eau.

Le calorimètre est suspendu au plafond par une poulie 6 et équilibré par un poids 7. Sa base repose sur un socle 8 munie d'une rainure circulaire qu'on emplit de liquide et qui isole la cavité 2 de l'air extérieur par fermeture hydraulique.

Pour pénétrer dans l'instrument, on le soulève au-dessus du sol et on le laisse retomber dans la rainure 8 une fois en place. Cette manœuvre ne présente aucune difficulté grâce à la suspension de l'instrument. Au-dessous du socle débouche un tuyau 9 de six à huit centimètres de diamètre, qui passe à travers la cloison de la pièce.

La ventilation a lieu simplement par l'appel de la cheminée 9 dans laquelle brûle un bec de gaz à débit constant assuré par un régulateur Giroud. L'air extérieur arrive par la tubulure 10 située en haut du calorimètre, et comme la ventilation se fait de

haut en bas, la température est bien uniforme dans l'intérieur de l'appareil.

Supposons maintenant l'appareil relié à un manomètre en U

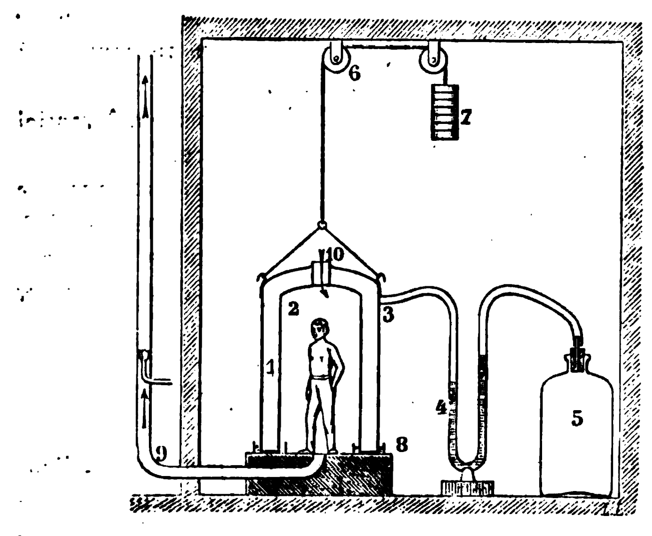


Fig. 22.

par le tube 3; si une source de chaleur est placée en 2, elle échauffe l'air de 1 et la température monte jusqu'à ce que la perte par rayonnement soit égale à la production. Cette augmentation de température se traduit à l'extérieur par le mouvement de la colonne du manomètre qui en donne la mesure.

Ce calorimètre n'est autre chose, comme on le voit, qu'*un grand thermomètre périphérique creux* (comme mon autre calorimètre à liquide), dans la cavité duquel la source de chaleur est enfermée. On reconnaît aisément dans ce dispositif le principe de mes *régulateurs directs*, décrits précédemment, et qui *totalisent* comme d'habitude la chaleur perdue par rayonnement.

D'après la loi de Newton, la quantité de chaleur rayonnée (c'est-à-dire produite) en un temps donné est proportionnelle jusqu'à 30 degrés à l'élévation de la colonne manométrique 4. Si on employait un manomètre simple pour mesurer l'échauffement de la cavité 1, il faudrait tenir compte des variations barométriques et thermométriques du milieu ambiant pendant la durée de l'expérience.

Pour éliminer à la fois ces deux corrections, je relie la seconde

branche du manomètre, soit à un second calorimètre, soit simplement à un grand vase 5 qui se trouve dans la même pièce que le calorimètre.

Avec cette disposition, le manomètre indique constamment l'*excès de température du calorimètre sur le milieu ambiant*, c'est-à-dire précisément la quantité à mesurer.

L'ensemble de l'appareil est donc un thermomètre différentiel de Leslie creux qui est transformé en calorimètre.

Pour graduer l'appareil, je place dans son intérieur une source constante de chaleur (bec d'hydrogène ou jet de vapeur à 100°) dont l'intensité est connue d'avance. Le manomètre monte par exemple de N centimètres. Si la source de chaleur égale par exemple 100 calories à l'heure j'écris :

$$\text{N centimètres} = 100 \text{ calories}$$
$$\text{D'où } 1 \text{ centimètre} = \frac{100}{N} \text{ calories.}$$

Et l'instrument se trouve gradué une fois pour toutes. Pour que son pouvoir émissif reste constant, j'ai fait beaucoup d'essais qu'on trouvera dans mes communications à la biologie. Finalement j'ai reconnu qu'en recouvrant l'instrument d'un bon vernis, cuit au four, les indications de l'instrument restent constantes à 3 ou 4 p. 100 près de leur valeur.

Si on veut sensibiliser l'instrument, on incline simplement le manomètre et on lui communique ainsi telle sensibilité qu'on désire. Le nombre de calories rayonnées en un temps donné est rigoureusement proportionnel à la hauteur du manomètre.

Le vernis qui augmente considérablement le pouvoir rayonnant du calorimètre, a l'avantage de l'empêcher de trop s'échauffer, ce qui troublerait beaucoup la production de chaleur de l'être en expérience, comme on le verra dans la deuxième partie de ce travail.

Pour inscrire les indications du manomètre, j'avais eu recours soit à la photographie, soit à l'instrument représenté figure 23.

C'est un manomètre différentiel dont les deux branches 4 et 5 sont terminées chacune par une membrane mince de caoutchouc 1 et 2 d'égal diamètre. Ces deux membranes sont reliées entre elles par une traverse rigide 3 qui fait mouvoir un levier 6 dont la pointe vient tracer une courbe en 7 sur le cylindre enregistreur. Cet appareil n'inscrit que les *différences* de pression

entre les membranes 1 et 2. Il est analogue au loch enregistreur de Marey.



FIG. 23.

La figure 24 représente un double calorimètre tout en verre qui m'a servi pour certaines expériences de fermentation. La figure suffit à expliquer son fonctionnement. Il est à la fois *compensateur* et *différentiel.*



FIG. 24.

La figure 25 représente un calorimètre de petite taille appliqué au lapin. Le réservoir compensateur est ici un simple ballon de verre, hermétiquement clos par fermeture hydraulique. Le manomètre peut s'incliner sur l'horizontale grâce à la pince qui le porte pour donner à l'instrument une sensibilité quelconque.

Ce manomètre est une espèce de manomètre de Guettet qui totalise les indications dans le tube de verre. Ce dispositif rend toute fuite d'air impossible. — Un bec de gaz 5 sert de cheminée d'appel.

Si on veut faire en même temps l'analyse des gaz de la respiration, on remplace cette cheminée par un aspirateur et des flacons laveurs appropriés; ou bien on transforme, comme je l'ai

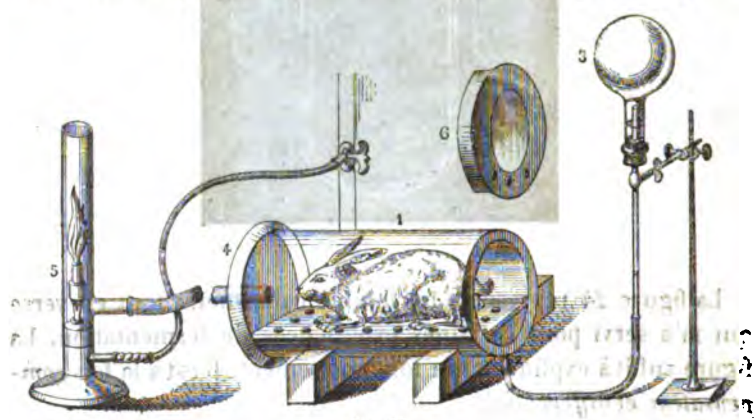


FIG. 25.

1. Calorimètre.
2. Tubulure communiquant avec l'espace annulaire.
3. Réservoir compensateur.
4. Tubulure pour l'aération.
5. Cheminée d'appel pour la ventilation.
6. Couvercle vitré.

indiqué autrefois, le calorimètre en un appareil de Regnault et Reiset.

Plus récemment (juillet 1885), j'ai simplifié encore le mode d'inscription des calories par le dispositif représenté figure 26.

L'appareil calorimétrique se compose de deux calorimètres semblables 8 8', dont l'un sert de réservoir compensateur comme dans les appareils précédents; l'appareil inscripteur est seul différent.

Il se compose essentiellement de deux cloches métalliques légères, 2.2', suspendues à chaque extrémité d'un fléau de balance équilibrée 1.

Chaque cloche plonge dans un réservoir plein d'eau 3.3', portant un tube central 4.4' qui dépasse le niveau de l'eau, et qui, s'engageant sous la cloche correspondante, la transforme en un petit gazomètre d'une mobilité extrême.

L'intérieur de chaque cloche est mis en rapport par le tube central 4.4' avec la cavité d'un des calorimètres à air 9.9'. Les calorimètres correspondants à chaque cloche sont identiques. Si une source de chaleur vient échauffer un des calorimètres, l'air

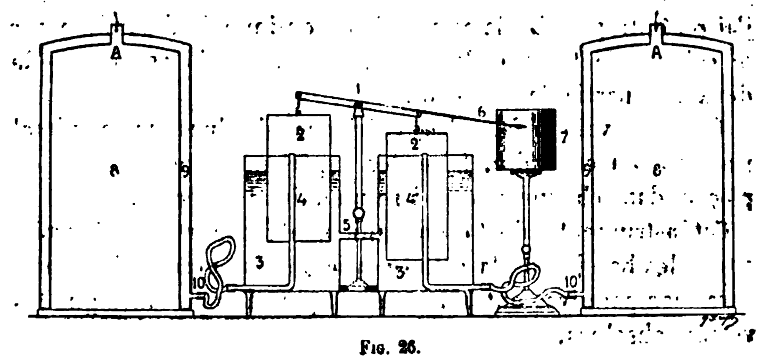


Fig. 26.

8 8'. Réservoirs calorimétriques.
9 9'. Matelas d'air.
1. Levier de la balance.
2.2'. Cloches gazométriques.
4 4'. Tubes communiquant avec l'espace 9.9' par les tubulures 10.10'.
6. Levier portant la plume.
7. Cylindre enregistreur.

se dilate et soulève la cloche correspondante, à une hauteur qui sert de mesure à l'échauffement. Si les deux calorimètres sont échauffés également, les deux cloches se font équilibre et le fléau qui les porte ne change pas de place. L'appareil se trouve donc soustrait de ce fait aux variations de la température et de la pression extérieures comme dans l'appareil à manomètre compensé.

Les réservoirs d'eau communiquent entre eux par un tube latéral 5, qui identifie leurs niveaux.

Pour rendre l'appareil enregistreur le fléau de la balance porte un levier 6, terminé par une plume à encre donnant un tracé sur un cylindre vertical 7, qui fait un tour en 24 heures.

La longueur du levier et la capacité des cloches gazométriques sont telles que la plume s'élève de 1 centimètre pour une calorie à l'heure dégagée dans l'appareil. On peut d'ailleurs obtenir telle sensibilité qu'on désire. Une trompe (non représenté sur la figure) fait circuler dans l'instrument un courant d'air continu et on peut doser en même temps l'oxygène absorbé et l'acide carbonique émis par l'animal en expérience, suivant les procédés que j'ai décrits dans mes différentes communications depuis 1879.

On peut ainsi poursuivre une expérience pendant des journées et même des semaines entières sans avoir à effectuer aucune correction. Un cylindre enregistreur faisant un tour en huit jours, dispense même de toute surveillance, et c'est ainsi que j'ai pu entreprendre la calorimétrie continue de l'inanition sur le cobaye, le lapin et la poule, comme on le verra dans la deuxième partie de ce travail.

On peut à volonté faire des expériences absolues sur un animal isolé ou, au contraire, faire des expériences comparatives en plaçant dans chaque calorimètre un animal différent.

Cet instrument qui est d'un maniement facile, répond, je crois, à tous les besoins de la calorimétrie physiologique, où les mesures comparatives ont plus souvent plus d'importance que les valeurs absolues.

Calorimètre thermo-électrique.

Le calorimètre à air demande une demi-heure à trois quarts d'heure environ pour être en équilibre et fournir une indication définitive. Ce temps est un peu long lorsqu'il s'agit de faire une expérience de cours. C'est pourquoi dans mes leçons de cette année (décembre 1885) j'ai décrit à mon cours un autre dispositif qui montre à un nombreux auditoire le pouvoir calorimétrique d'un animal dans l'espace de cinq minutes. Ce procédé n'est au fond qu'une variante du précédent et nécessite l'emploi du galvanomètre.

Le calorimètre à air tel que je viens de le décrire est un *thermomètre différentiel à air :* le calorimètre thermo-électrique, comme son nom l'indique, est un *thermomètre différentiel électrique.*

Il se compose de deux soudures thermo-électriques conjuguées (cuivre-fer), l'une d'elles (le calorimètre) est creuse et enveloppe l'animal, l'autre plonge dans l'air ambiant. L'animal rayonne à travers la soudure creuse qui l'entoure, l'échauffe et le galvanomètre indique par sa déviation l'excès de température de cette soudure sur l'air ambiant. Un rayon lumineux projeté sur le miroir de l'instrument permet au plus nombreux auditoire de suivre la marche de l'expérience sur une échelle graduée que parcourt le rayon lumineux.

L'équilibre thermique est très rapidement obtenu dans ces conditions et on mesure avec une précision extrême l'échauffement de l'instrument qui est ici bien moindre qu'avec le calorimètre à air, ce qui constitue une circonstance très favorable pour ne pas troubler la thermogénèse chez l'animal en expérience.

On pourrait au besoin inscrire par la photographie les déviations du galvanomètre comme je le fais pour d'autres expériences. Mais ce serait là une complication qu'on préférera éviter dans la pratique en se servant du calorimètre différentiel à air.

Le calorimètre thermo-électrique peut rendre de très grands services pour étudier la production de chaleur sur les tissus isolés de l'organisme soumis ou non à la circulation artificielle. J'en donnerai des exemples à la deuxième partie de ce travail, relativement à la production de chaleur dans les tissus après la mort ou dans les muscles privés de circulation. A l'aide de cet instrument, extrêmement sensible on peut constater et mesurer la production de chaleur chez les êtres inférieurs et les animaux à sang froid comme les batraciens, les poissons, etc... Le calorimètre thermo-électrique peut recevoir des dimensions microscopiques en conservant toute sa sensibilité. J'en ai fait juste d'assez grands pour contenir un insecte ou une larve.

Causes d'erreur de la Calorimétrie par rayonnement; moyens de les éviter; graduation des appareils (1).

Chaque fois qu'on introduit dans la science une nouvelle méthode d'investigation, le premier devoir qui s'impose à son inventeur, est d'en contrôler l'exactitude. Ce que j'avais fait pour mon premier calorimètre à température constante, j'ai dû le recommencer pour le calorimètre par rayonnement.

J'ai passé un temps fort long à perfectionner les méthodes de mesure et surtout à en publier les résultats uniquement parce qu'il m'est impossible de partager l'opinion de certains physiologistes qui professent qu'une méthode approximative est toujours suffisamment exacte pour les besoins de la physiologie.

Pour moi, cette science est déjà assez compliquée par elle-

(1) Voir comptes-rendus de la Société de Biologie. Séances de décembre 1884 et de janvier 1885.

même, pour qu'on évite soigneusement de l'encombrer encore d'expériences sur *l'exactitude physique*, desquelles on puisse élever des doutes légitimes.

En physiologie ce ne sont pas les expériences qui nous manquent, nous en sommes encombrés, ce qu'on ne trouve pas en général, c'est une critique rigoureuse des conditions expérimentales où l'expérience a eu lieu.

Pour que le calorimètre par rayonnement soit exact, il faut et il suffit qu'il donne toujours la même indication pour une même quantité de chaleur fournie ; voici, pour cela, les conditions physiques à remplir :

1° Au point de vue physique, pour que le principe sur lequel repose la méthode, conserve toute sa valeur, *il faut que le rayonnement de la totalité de la chaleur perdue par l'appareil ait lieu à travers la couche d'air qui sert de thermomètre.* C'est pour cette raison que mon calorimètre est composé de deux cylindres concentriques, emprisonnant une masse d'air dont tous les points peuvent se mettre rapidement en équilibre thermique.

Il n'en serait plus de même si je remplaçais cette masse d'air annulaire par un tube roulé en serpentin comme il semblerait de prime abord plus simple de le faire.

Le rayonnement de la chaleur à travers les spires du serpentin a lieu d'une façon très compliquée et très variable, suivant le point du serpentin où on place la source de chaleur. La masse d'air contenue dans le tube ne peut avoir la même température dans toute son étendue. Le rayonnement ne se fait pas *à travers cette masse d'air*, mais le tube s'échauffe par l'intérieur du calorimètre et rayonne directement par l'extérieur, la chaleur se propageant par simple conductibilité métallique. Il n'en est pas de même dans l'appareil à cylindres concentriques. La chaleur échauffe d'abord le cylindre intérieur qui, à travers la couche d'air, échauffe le cylindre extérieur; *toute la chaleur est ainsi obligée de traverser le matelas d'air annulaire* dont la dilatation lui sert alors exactement de mesure. Dans le calorimètre thermo-électrique, cette condition est encore mieux remplie, puisque toute la chaleur perdue doit forcément traverser la soudure circulaire pour s'échapper à l'extérieur.

2° Le pouvoir émissif de la surface extérieure du calorimètre doit rester constant.

Pour constater la constance de ce pouvoir émissif, je place dans l'appareil une source de chaleur d'intensité constante, si le pouvoir émissif n'a pas varié, le calorimètre doit donner toujours la même indication.

Pour réaliser cette source constante de chaleur, je me suis servi soit d'un simple petit bec de gaz brûlant sous pression constante, grâce à un petit régulateur Giroud, soit plus simplement d'un jet de vapeur à 100 degrés. Je prends un ballon à long col que j'enduis de noir de fumée pour lui donner un pouvoir émissif constant. Ce ballon est placé au centre (sans en toucher les parois) l'ouverture du col sortant à l'extérieur par le couvercle du calorimètre, cela fait un tube central de verre plonge jusqu'au fond du ballon et y projette un jet de vapeur provenant d'un vase contenant de l'eau en ébullition. Le ballon est ainsi parcouru par un jet de vapeur continu qui en porte la surface à 100 degrés. Le ballon constitue donc une source de chaleur constante placée dans le calorimètre.

Pour savoir quelle est la chaleur perdue par le ballon *il n'y a qu'à mesurer l'eau qui s'est condensée dans son intérieur et à en prendre la température.* La chaleur perdue par le ballon dans le temps T est égale, en calories, à

$$C = V \times (100 - T) \times 537.$$

T étant la température finale de l'eau du ballon, V étant exprimé en litres, et 537 étant la chaleur latente de la vapeur d'eau.

Cette méthode permet en même temps de graduer l'appareil puisque elle montre que pour une hauteur du manomètre égale à H, le calorimètre perd C calories dans l'unité de temps. En opérant ainsi, j'ai vu que le pouvoir émissif du calorimètre, n'était constant que lorsque sa surface était parfaitement polie et *surtout bien débarrassée des corps gras.* — Avec les métaux polis, le pouvoir émissif est très faible, ce qui a pour résultat d'augmenter la sensibilité de l'appareil, mais aussi l'inconvénient d'élever beaucoup trop la température du milieu où est placé l'animal.

Pour rendre le pouvoir émissif à la fois constant et plus grand j'ai recouvert la surface extérieure du calorimètre d'une couche de peinture à la céruse. Aujourd'hui cette peinture est passée au four et rendue inaltérable. Dans ces conditions le pouvoir émissif de l'instrument reste constant à 2 pour cent près. Le calori-

mètre recouvert de peinture se refroidit environ cinq fois plus vite que le calorimètre en métal poli, ce qui fait que son intérieur ne présente jamais une température trop supérieure à celle du milieu ambiant.

Pour mesurer l'échauffement de l'air du réservoir calorimétrique je me sers du manomètre pour l'observation simple et du gazomètre pour l'inscription. La méthode manométrique est *physiquement* plus simple; en effet, en l'employant:

a. Je n'ai pas à tenir compte du volume de l'air renfermé dans l'espace annulaire. Que le calorimètre contienne 1 litre ou 100 litres d'air l'augmentation de pression sera exactement la même pour une même élévation de température. De sorte qu'il est facile de faire des calorimètres fournissant des indications identiques *simplement en leur donnant la même surface extérieure.*

b. Rien qu'à l'inspection du manomètre on sait quelle est l'augmentation de température du calorimètre, *sans connaître le volume de l'air* en vertu de la formule bien connue:

$$Pt = Po(1 + at).$$

Pour un manomètre à eau, chaque degré d'augmentation de la température du calorimètre fait monter la colonne manométrique de 4 centimètres.

c. Enfin : *La quantité de chaleur perdue est rigoureusement proportionnelle à la hauteur du manomètre.*

Pour l'enregistrement il est plus simple et plus commode de se servir de l'appareil gazométrique. Il y a à tenir compte de la capacité du calorimètre et il faut que les deux réservoirs soient bien identiques pour obtenir la compensation. C'est là d'ailleurs une condition facile à remplir et la graduation de l'appareil se fait comme précédemment.

Je ferai remarquer en outre qu'*il est essentiel que l'instrument puisse rétrograder*, c'est-à-dire indiquer et inscrire toutes les *phases* de la thermogénèse soit en plus soit en moins. Quelques exemples feront mieux comprendre la nécessité de cette condition.

Dans l'anesthésie par le chloroforme faite dans le calorimètre, la thermogénèse augmente au début pour tomber ensuite, à mesure que l'anesthésie fait des progrès, à un chiffre de plus en plus bas. Il en est de même dans l'asphyxie, dans la curarisation,

dans la digestion, dans la septicémie, etc., si l'instrument ne pouvait pas rétrograder tous ces phénomènes passeraient inaperçus. Il y aurait la même différence qu'entre les indications d'un thermomètre à maxima à celles d'un thermomètre à inscription continue.

Dans la description de mes instruments de calorimétrie j'ai laissé de côté à dessein les moyens que j'ai employés pour enregistrer en même temps que la chaleur les *phases* de l'absorption d'oxygène et du dégagement d'acide carbonique par l'animal en expérience. Ces procédés seront décrits dans la deuxième partie de ce travail (1).

(1) Dans la séance du 30 novembre 1884, à la Société de Biologie, M. Ch. Richet, sans avoir connaissance de ma méthode, a décrit son *calorimètre à siphon* qui utilise également la *dilatation de l'air* comme procédé calorimétrique. Bien que nos deux procédés paraissent d'abord les mêmes, la question de priorité ne saurait être en jeu. Mes méthodes et mes instruments avaient été publiés, avec dessins, le 18 octobre 1884 dans le journal *La Lumière électrique*, c'est-à-dire un mois et demi avant la communication de M. Richet, de plus, j'ai montré les instruments dans le courant de février 1884, à mon cours du Collège de France.

D'ailleurs, au point de vue physique, les deux méthodes diffèrent complètement.

1° Mon réservoir calorimétrique (qui est le même que celui de mon premier calorimètre communiqué le 1er décembre 1877 à la Biologie), constitue un calorimètre par rayonnement; il n'en peut être de même du serpentin employé par M. Richet pour les raisons physiques développées ci-dessus.

2° Mes méthodes de mesure et d'enregistrement ne nécessitent nullement la présence de l'opérateur et permettent à l'instrument de rétrograder.

3° Par l'emploi du réservoir compensateur, j'ai supprimé complètement les corrections nécessitées par les variations de la température et de la pression extérieures. Par ce même dispositif, l'instrument a été rendu différentiel à volonté, propriété très précieuse pour faire des *expériences comparatives* simultanées.

4° J'ajouterai enfin que j'ai signalé les différentes causes d'erreurs inhérentes à la méthode et qu'après avoir appris à les reconnaître, j'ai donné les moyens de les éviter. On peut donc, après avoir gradué l'appareil comme je l'ai indiqué, avoir toute confiance dans les résultats qu'il fournit.

RECHERCHES

SUR LES

PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES DU MALTOSE

Par M. Em. BOURQUELOT.

Historique (1).

En étudiant les propriétés optiques des sucres, Biot avait observé que la matière sucrée obtenue par l'action de l'extrait de malt sur l'empois d'amidon possède un pouvoir rotatoire plus grand que celui des glucoses du miel et de l'urine diabétique. Guidé par cette remarque, Dubrunfaut réussit en 1847 (2) à préparer en traitant l'empois par l'extrait de malt, un sucre cristallisé qui possédait un pouvoir rotatoire trois fois plus grand que celui du glucose ordinaire. Il jugea que ce sucre était un sucre différent du glucose et il lui donna le nom de *maltose*.

Cette découverte passa presque inaperçue, et l'on continua à considérer le sucre du malt comme du glucose jusqu'à l'époque ou Cornelius O'Sullivan (3) dans ses *recherches sur les transformations de l'amidon*, vint confirmer le fait avancé par Dubrunfaut. Avec O'Sullivan, d'autres chimistes : Schulze (4), Marker (5) Musculus et Gruber (6), Brown et Héron (7), étudièrent les pro-

(1) Bien que découvert par un Français, le maltose n'a été étudié qu'en Allemagne et en Angleterre. Pour cette raison j'ai pensé qu'il ne serait pas inutile de donner quelques développements à la partie historique de ce travail.

(2) *Dubrunfaut*. Note sur le glucose. Annales de Chimie et de Physique [3], t. 21, p. 178.

(3) *C. O'Sullivan*. Action de l'extrait de malt sur l'amidon. *Journal of the chemical Society*. Juillet 1872. Traduction française dans le *Moniteur scientifique* [3], t. IV, p. 210. 1874.

(4) *Er. Schulze*. Ueber Maltose. Berichte d. d. Chem. Gesellsch, t. VII, p. 1047. 1874.

(5) *Marker*. Verhält, in dem Maltose und Dextrine aus Stärke etc. Berichte d. d. Chem. Gesell, 1877, t. X, p. 2234.

(6) *Musculus* et *Grüber*. Ein Betrag zur Chemie der Stärke. Zeitsch f. phys. Chemie, t. II, p. 177, 1878. Traduction française dans les Ann. de Ch. et de Ph. [5], 1878, t. XIV, p. 543.

(7) *Brown* et *Héron*. Stärke und Umwandlungs Producte derselben. Berichte d. d. Chem. Ges. 1879, t. XII, p. 1477.

priétés et les conditions de formation du nouveau sucre et il fut établi définitivement que la diastase du malt en agissant sur l'empois d'amidon donne naissance à du maltose et à des dextrines (1).

On trouve cependant mélangé à ces produits de petites proportions de véritable glucose. D'ailleurs le maltose qui a pour formule

$$C^{24}H^{22}O^{22}$$

est transformé en glucose quand on le fait bouillir avec de l'eau acidulée, d'après la formule :

$$C^{24}H^{22}O^{22} + H^2O^2 = 2C^{12}H^{12}O^{12}.$$

Les petites proportions de glucose dont j'ai parlé ont-t-elles leur origine dans une réaction analogue, consécutive à l'apparition du maltose, et déterminée par la diastase elle-même, c'est-à-dire par le ferment qui a d'abord donné naissance au maltose? En un mot le maltose est-il stable en présence de la diastase? C'est là une question qui a donné lieu à des assertions complètement opposées. Pour *Schulze*, *Brown* et *Héron*, *Herzfeld* (2) la diastase est sans action sur le maltose. Au contraire, pour O'Sullivan, De Mering (3), l'influence prolongée du ferment finit par transformer le maltose en glucose.

Un grand nombre de chimistes ont déterminé le pouvoir rotatoire du maltose. O'Sullivan a donné en 1872 pour le maltose anhydre $\alpha j = +150$, en 1879 (4) $\alpha j = +154$ à $+155$. Schulze a trouvé $\alpha j = +149.5$, Musculus et Grüber $\alpha j = +149$. Les autres déterminations ont été faites à la lumière du sodium. Soxhlet (5) a donné $\alpha D = +139.3$; Steiner (6) $\alpha D = +138.9$. Enfin Meissl (7) a fait de cette question le sujet d'un mémoire

(1) On verra dans le cours de cet exposé comment il faut entendre ccette expression : *des dextrines*.

(2) *Herzfeld*. Einwirkung der Diastase auf Stärkekleister. Ber. d. d. Chem. Gesells., t. XII, p. 2120, 1879.

(3) *Von Mering*. Ueber den Einfluss diastatischer Fermente auf Stärke, Dextrine und Maltose. Zeitsch. f. phys. Chem. 1881. t. V, p. 185.

(4) *O'Sullivan*. Sur les produits de transformation de l'amidon. *Bulletin de la Soc. chimique*, t. XXXII, p. 493. 1879.

(5) *Soxhlet*. Action des sucres sur la liqueur cupro-potassique. *Journal f. prakt. Chemie* [2], t. XXI, p. 276. 1879.

(6) *J. Steiner*. Bemerkungen uber einige Experimente mit Maltose. *Chem. News*. Vol. 43, p. 54. 1881.

(7) *E. Meissl*. Ueber Maltose. *Journ. f. prakt, Chem.* [2], t. XXV, p. 14. 1882.

assez étendu. Il a constaté que le pouvoir rotatoire du maltose diminue quand la température, ou quand la concentration augmente. Dans la formule suivante il a tenu compte de cette variation :

$$\alpha D = 140{,}375 - 0{,}01837\,p - 0{,}095\,t.$$

P = le poids de maltose renfermé dans 100 cent. c. de liquide
t = la température à laquelle se fait l'observation.

La formule de Meissl donne un chiffre un peu inférieur à celui de Soxhlet qui se rapporte à une observation faite à 15°.

Un fait curieux, relatif au pouvoir rotatoire du maltose est celui qui a été observé par Soxhlet et par Sundwik. Ces chimistes ont trouvé que ce pouvoir augmente dans les premiers instants qui suivent la dissolution faite à froid. Au bout de 7 à 8 heures, le pouvoir rotatoire atteint son maximum. Ce maximum qui correspond au pouvoir rotatoire adopté peut être obtenu immédiatement en portant la solution à la température de l'ébullition et laissant refroidir. On sait que le glucose possède la propriété inverse.

Une autre des propriétés importantes du maltose réside dans son action réductrice sur les sels cuivriques. Tandis que un équivalent de glucose (180) en solution au centième réduit 10,52 équivalents de cuivre, quand on se sert de liqueur de Fehling concentrée, un équivalent de maltose anhydre (171), n'en réduit que 6,09 (Soxhlet). Il suit de là que 10,52 éq. de cuivre sont réduits pour 294 de maltose. Un calcul très simple fera voir que comme matière réductrice le maltose équivaut à 61/100 de glucose, autrement que 61 de glucose réduisent autant de cuivre que 100 de maltose. On exprime ce fait en disant que le pouvoir réducteur du maltose est 61.

Les chiffres changent lorsqu'on se sert de liqueur étendue. Si la liqueur de Fehling est étendue de 4 fois son volume d'eau, la quantité de cuivre réduit avec 1 équivalent de glucose ne monte qu'à 10,11 équivalents, tandis qu'elle s'élève à 6,41 pour 1 équivalent de maltose. Dans ces conditions le pouvoir réducteur du maltose est 66,9.

Quant aux travaux de Yoshida, *Chem. News*. Vol. 43, p. 29, de Sundwik, *Zeitsch. f. phys. Chem.*, t. V, p. 427, ils n'y a pas lieu de s'y arrêter; ces chimistes ayant fait preuve d'une certaine ignorance dans l'application de la méthode suivie pour déterminer un pouvoir rotatoire.

Cette manière d'envisager l'action réductrice du maltose à l'égard de l'oxyde de cuivre peut s'étendre à tous les corps réducteurs. Le chiffre ainsi calculé est la représentation précise d'une propriété spécifique de ces corps, en même temps qu'il fournit un excellent terme de comparaison.

Le maltose est moins soluble dans l'alcool méthylique et dans l'alcool ordinaire que le glucose; il cristallise plus facilement, ce qui permet de l'obtenir pur, même quand il est mélangé à ce dernier sucre.

Cristallisé dans l'eau ou dans l'alcool à 85°, il renferme une mollécule d'eau de cristallisation qu'il perd à 100°. Desséché entre 100 et 110°, il devient presqu'aussi hygroscopique que le chlorure de calcium.

Si la découverte du maltose a fait faire quelques progrès à la question de la constitution de la matière amylacée et à celle de l'action diastasique; elle ne les a pas résolues. Le seul fait de la formation de maltose et de dextrines est bien établi; mais on discute toujours sur la nature du processus chimique, aussi bien que sur les quantités respectives des produits formés dans l'action fermentaire. La formation du sucre succède-t-elle à celle de la dextrine ou a-t-elle lieu dans le même temps par un dédoublement donnant naissance à ces deux composés? Les proportions relatives des produits de la réaction sont-elles toujours les mêmes à quelque température qu'on détermine la fermentation diastasique, et quelque soit la quantité de ferment employé? Autant de points sur lesquels nous allons examiner rapidement l'état actuel de la science.

Musculus le premier (1) commença en 1860, la série des recherches qui ont été faites dans cette direction. Avant lui on pensait généralement que l'amidon sous l'influence de la diastase se transforme d'abord en dextrine et cette dernière ultérieurement en sucre. Il crut avoir trouvé qu'au contraire le sucre et la dextrine se forment simultanément et sont toujours dans le même rapport: 2 de dextrine pour 1 de sucre (2). La dextrine ne serait

(1) *Musculus*. Remarque sur la transformation de la matière amylacée en glucose et dextrine. 1860. Ann. de Chim. et de Phys. [3], t. LX, p, 203. — Id. De la Dextrine. 1865, même recueil [4]. t. VI, p. 177.

(2) Les premières recherches de Musculus, celles de Payen, de Schwarzer ont été faites dans l'hypothèse que le sucre de fécule est du glucose. C'est là une erreur qu'il

pas attaquable par la diastase et la saccharification de l'empois serait terminée dès que dans le liquide ne reste plus de substance se colorant par l'Iode. Conformément à ces observations Musculus émit l'hypothèse que le processus de transformation de l'amidon ne consiste pas dans le changement de l'amidon en dextrine suivi de l'hydration de la dextrine, mais en un dédoublement de la molécule amylacée avec absorption d'eau d'après la formule suivante :

$$3\,C^{12}H^{10}O^{10} + H^2O^2 = 2\,C^{12}H^{10}O^{10} + C^{12}H^{12}O^{12}.$$

Payen, en 1865 (1) et en 1866, non seulement se prononça contre cette interprétation; mais contesta l'exactitude des faits avancés par Musculus. De ses recherches, il conclut 1° que la diastase saccharifie la dextrine pure; 2° que la diastase en agissant sur l'empois produit des proportions de dextrine et de glucose qui peuvent varier, suivant les conditions dans lesquelles on opère, entre 17 et 50 de glucose pour 100 du produit total. Ces conditions sont d'après lui : la dilution et le temps. On remarquera que quand même la diastase agirait sur la dextrine pure cela ne serait pas contraire à l'hypothèse d'un dédoublement de l'amidon en glucose et dextrine dès le commencement de l'action diastasique. Toutefois Payen crut devoir admettre l'hypothèse d'une production première de dextrine suivie de la transformation de cette dernière en sucre; hypothèse qui lui paraissait mieux s'accorder avec les résultats de ses propres recherches.

En examinant les chiffres qui dans les deux mémoires de Payen se rapportent aux expériences de saccharification de l'empois, on entrevoit, ce qu'il n'a pas mis en relief, que les variations observées dans les résultats sont surtout sous la dépendance de la température. Schwarzer le démontra quelques années plus tard (2). Si on effectue la saccharification de l'empois de 0 à 60°, la proportion de sucre (exprimée en glucose) s'élève toujours à 50 ou 53 p. 0/0 de la matière amylacée, ce qui

est facile de corriger par la pensée en se rappelant que ces chimistes dosaient comme glucose un produit ayant un pouvoir réducteur égal aux 2/3 de celui de ce dernier sucre.

(1) *Payen*. Réaction de la diastase sur la substance amylacée dans différentes conditions. 1865. *Ann. de Chim. et Phys.* [4], t. IV, p. 286. — Id. Même recueil [4], t. VII, p. 382. — Amidon, dextrine et tissus ligneux.

(2) *Schwarzer*. Transformation de l'amidon. *J. f. prakt. Chem*. Nouvelle série, t. I, p. 212.

répond au dédoublement de l'amidon en 1 équivalent de dextrine et 1 éq. de sucre. Fait-on l'expérience entre 60 et 65°; les proportions de sucre sont comprises entre 53 et 27 p. 0/0. Enfin, au-dessus de 65°, ces proportions diminuent encore. Schwarzer a en outre confirmé les données de Payen concernant l'action du ferment sur la dextrine; aussi s'est-il rangé à son opinion sur le processus chimique de la saccharification.

Les résultats publiés par Schwarzer ont été confirmés, quant aux variations dépendant de la température, dès après la découverte nouvelle du maltose par O'Sullivan lui-même et plus tard par Marker.

A l'égard du processus de la saccharification, O'Sullivan crut avoir trouvé qu'on peut exprimer l'influence de la température par trois formules différentes. Si on effectue la saccharification à une température inférieure à 63°, les proportions de sucre et de dextrine formées répondent à la formule :

$$C^{36}H^{30}O^{30} + H^{2}O^{2} = C^{24}H^{22}O^{22} \text{ (maltose)} + C^{12}H^{10}O^{10} \text{ (dextrine)}$$
(68 de maltose et 32 de dextrine).

Entre 64° et 68°, ces proportions répondent à la formule :

$$2\,C^{36}H^{30}O^{30} = C^{24}H^{22}O^{22} + 4\,C^{12}H^{10}O^{10}$$
(34.54 de maltose et 65.46 de dextrine).

Enfin de 68° jusqu'à 70°, la formule devient :

$$4\,C^{36}H^{30}O^{30} + H^{2}O^{2} = C^{24}H^{22}O^{22} + 10\,C^{12}H^{10}O^{10}$$
(maltose 17.4, dextrine 82.6).

— On ne trouverait ces proportions que dans les premiers temps de l'expérience. Plus tard, la quantité de sucre augmenterait par suite de l'action ultérieure de la diastase sur la dextrine.

En résumé, pour O'Sullivan, la décomposition de l'amidon en dextrine et maltose est le résultat d'un dédoublement moléculaire avec emprunt d'eau, et peut se faire de trois manières, suivant qu'on opère au-dessous de 63°, au-dessus de cette température et au-dessous de 68°, enfin au-dessus de 68° jusqu'à 70°. A cette première phase de la saccharification succéderait la transformation de la dextrine en maltose par une hydratation lente et graduelle.

Il répugne à l'esprit d'accepter qu'il puisse y avoir trois dédoublements présentant des différences aussi tranchées et com-

mandées par ces petites variations dans la température. Il est certain que l'élévation de température à partir de 60° abaisse rapidement les proportions de maltose formé, mais cet abaissement ne paraît pas pouvoir être mis en formule ; il est graduel : la proportion de maltose descendant de 70 p. 0/0 environ à 0. On trouvera une preuve de ce que j'avance dans ce que Marker a trouvé d'autres proportions que O. Sullivan, et a en outre fait cette observation importante que l'addition de faibles proportions d'acide agit dans le même sens que l'élévation de température. Enfin, O'Sullivan lui-même, en 1879 (1) publiait qu'outre les trois processus dont il vient d'être question, il en existait un quatrième exprimé par l'équation :

$$4\,C^{36}H^{30}O^{30} + 3\,H^2O^2 = 3\,C^{24}H^{22}O^{22} + 6\,C^{12}H^{12}O^{12}$$ (2):

On a jusqu'ici examiné la question de la saccharification de l'amidon en restant dans l'hypothèse que la réaction ne donne lieu qu'à de la dextrine (considérée comme espèce chimique unique) d'une part, et à du maltose d'autre part. Mais dès 1870 a commencé à s'introduire dans la science cette opinion que dans le cours de la saccharification il se forme non pas une dextrine, mais plusieurs dextrines. La question s'est ainsi encore compliquée.

On peut tout d'abord admettre que l'amidon soluble qui est la dextrine la plus rapprochée de l'amidon et la dextrine qui reste après que l'action de la diastase est terminée sont deux différents.

Il est certain qu'on a là deux véritables espèces cliniques formées dans le cours de l'action diastasique. Leurs propriétés différencielles sont d'ailleurs tranchées et ne permettent pas l'hésitation. La première est colorée en bleu par l'iode ; est presqu'insoluble dans l'eau froide, est attaquable par la diastase ; la deuxième n'est pas colorée par l'iode, est soluble dans l'eau froide, enfin est inattaquable par la diastase.

Mais si on prélève de temps en temps dans le courant d'une saccharification par la diastase des échantillons de la matière

(1) O'Sullivau. Sur les produits de transformation de l'amidon. *Bull. de la Société chim.*, t. XXXII, p. 493. 1879.

(2) Les résultats d'une saccharification par la diastase dépendant à un si haut degré de la température, on s'explique les différences observées par des expérimentateurs qui avaient négligé de se mettre dans les mêmes conditions.

et si on les précipite immédiatement par l'alcool, on obtient outre ces deux dextrines dont il vient d'être question, plusieurs autres dextrines pouvant se distinguer par la manière dont elles se comportent en présence de l'iode. Celles qui se colorent en présence de l'iode ont été appelées *Erythrodextrines*, celles qui ne se colorent pas *Achroodextrines*. Brücke à qui on les dénominations (1), Mus culus et Grüber (2), Bondonneau (3), O'Sullivan, Broown et Heron, Herzfeld, De Mering, admettent qu'il existe une série de dextrines différentes. Solomon (4) au contraire, incline à penser qu'il n'existe outre l'amidon soluble qu'une seule dextrine. Les colorations différentes que l'on obtient avec l'iode tiendraient à la présence de quantités variables d'amidon soluble non encore saccharifié.

Quoi qu'il en soit, en présence des nouveaux faits découverts dans ces derniers temps, Musculus a transformé son hypothèse de 1860 afin de la faire cadrer avec ces faits. Il suppose que l'amidon sous l'influence de la diastase subit une série de dédoublements successifs avec hydratation simultanée. A chaque dédoublement il se formerait du maltose et une nouvelle dextrine à poids moléculaire plus faible. Dans cette hypothèse la formule du maltose étant

$$C^{24}H^{22}O^{22}$$

et en admettant qu'il ne se forme que deux dextrines, on voit qu'il faudrait donner à l'amidon la formule :

$$C^{96}H^{80}O^{80} = 4\,C^{24}H^{20}O^{20}.$$

1er dédoublement. $C^{96}H^{80}O^{80} + H^2O^2 = \underset{\text{1re dextrine.}}{C^{72}H^{60}O^{60}} + \underset{\text{Maltose.}}{C^{24}H^{22}O^{22}}.$

2e dédoublement. $C^{72}H^{60}O^{60} + H^2O^2 = \underset{\text{2e dextrine.}}{C^{48}H^{40}O^{40}} + \underset{\text{Maltose.}}{C^{24}H^{22}O^{22}}.$

Cette hypothèse est actuellement l'hypothèse la plus satisfaisante. Elle peut rendre compte — surtout si on admet un plus grand nombre de dextrines (5) — de toutes les variations produites

(1) Brücke. Vien. Acad. Sitzungsb., t. LXIII, 2, 1871, et LXV, p. 126.

(2) Musculus et Grüber. Sur l'amidon. *Comptes rendus*, t. LXXXVI, p. 1459.

(3) Boudonneau. De la Dextrine. *Bull. de la Soc. chim.*, 1874, t. XXI, p. 50 et p. 149. Dextrine pure du malt. *Bull. de la Soc. chim.*, t. XXIII, p. 98, 1875.

(4) Salomon. Die Starke etc. Journal f prakt. Chem. 1883. Traduction dans *Ann. de Chim. et de Phys.* 1885 (6)., t. IV, p. 147.

(5) Cette hypothèse a été appelée l'hypothèse de la *dégradation*. On comprend sans

dans la saccharification par la température. Il suffit, en effet, pour les expliquer, de supposer qu'à 60° par exemple la diastase possède toute son énergie, et peut pousser la saccharification jusqu'au bout, qu'à mesure que la température s'élève elle perd de son énergie et ne fait que commencer la saccharification, qu'enfin, elle devient inerte à la température de destruction. Ceci d'ailleurs concorde avec ce qu'on sait des propriétés des ferments solubles au voisinage de la température de leur destruction; aussi n'est-il pas nécessaire d'imaginer comme l'a fait Marker qu'il y a dans la diastase deux ferments dont l'un qui donne plus de maltose et moins de dextrine est détruit à une basse température, et dont l'autre qui donne plus de dextrine et moins de maltose résiste à cette température.

Le maltose se produit encore dans d'autres conditions que celles qui ont été indiquées précédemment. D'après Musculus et Grüber, lorsqu'on traite l'amidon par l'acide sulfurique étendu bouillant, il se fait du maltose qui ne tarde pas à être transformé en glucose par l'action ultérieure de l'acide. D'autre part lorsqu'au lieu de diastase du malt, on emploie de la salive, ou du suc pancréatique, on obtient les mêmes produits, c'est-à-dire du maltose et des dextrines (1). Il y a plus : le glycogène comme l'amidon subit sous l'influence de ces ferments qui sont d'ailidentiques (2) une saccharification dans laquelle se forme du maltose.

O. Nasse (3) avait supposé que dans la saccharification par la salive il se forme un sucre différent non seulement du glucose, mais encore du maltose. Mais Musculus et de Méring ont montré qu'on avait bien du maltose, et Külz a confirmé les recherches de ces deux expérimentateurs (4). On doit à Külz une analyse élémentaire du maltose fourni par la saccharification diasta-

qu'il soit besoin d'insister que la formule de l'amidon doit être élevée, on adopte un nombre de dextrines supérieure à deux.

(1) Musculus et von Méring. Ueber die Umwandlung von Stärke und Glycogène durch Diastase, Speichel, Pankreas und Leberferment. — *Zeitsch. f. phys. Chem.*, t. II, p. 403.

(2) Em. Bourquelot. Identité de la diastase chez les différents êtres vivants. *Comptes rendus de la Société de Biologie* [8], t. II, p. 73. 1885.

(3) O. Nasse. Bemerkunger. Physiol. des Kohlenhydrate. Pflüger's Archiv., t. XIV, 1877, p. 473.

(4) E. Külz. Zur Kenntniss der Maltose. *Pflugers's Arch.*, t. XXIV, p. 81, 1881.

sique du glycogène, et une étude de ses propriétés établissant son identité avec le maltose provenant de l'amidon. Enfin Külz aurait constaté que les glycogènes de divers animaux, de lapin, de tortue, d'huîtres, de vers de terre, se conduisent de la même façon en présence de la salive; c'est-à-dire qu'ils donnent naissance à des dextrines et à du maltose.

La formation si générale du maltose dans les actions saccharifiantes des diastases sur les matières amylacées étant ainsi établie, on devait se demander si dans bien des cas on n'avait pas jusqu'alors pris du maltose pour du glucose, si par exemple le sucre du sang considéré comme du glucose (1) n'est pas ou tout au moins ne peut pas être quelquefois du maltose; si, de même qu'il existe des diabètes inositurique et lactosurique (2) il n'existe pas également un diabète maltosurique, si chez les plantes l'amidon ne passe pas par la phase maltose, si dans certains cas le sucre des végétaux n'est pas du maltose, etc.

Les seules recherches effectuées jusqu'à présent dans cet ordre d'idées, se rapportent à la nature du sucre du foie. Berthelot et De Luca (3) avaient démontré que le glycogène du foie traité par l'acide sulfurique étendu fournit du véritable glucose, donnant comme celui-ci une combinaison cristallisée avec le chlorure de sodium. Partant de là les physiologistes ont toujours considéré le sucre existant ou se produisant dans le foie comme du glucose, bien que le mécanisme de la transformation du glycogène en sucre dans cet organe ne soit pas comparable à l'action de l'acide.

La question de la nature du sucre du foie a été examinée par O. Nasse, Musculus et de Méring, Seegen et Kratschmer et enfin par Külz. D'après O. Nasse (4) le foie renferme du glucose, c'est-à-dire un sucre dont le pouvoir réducteur ne s'accroît pas par ébullition avec les acides. Mais Musculus et De Méring prétendent avoir constaté dans le liquide provenant de foies épuisés par l'eau, la présence d'un sucre qui en raison de son pouvoir réducteur et de son pouvoir rotatoire devait être du maltose (5).

(1) On sait que le sucre du sang n'a pas encore été isolé. Wurtz, *Chimie biologique*, I, p. 330.

(2) Fr. Hofmeister. Ueber Lactosurie. *Zeitsch. f. physiol. Chemie.*, t. I, p. 101.

(3) *Gazette Médicale*, 1859, n° 41.

(4) Cité par Musculus et de Méring.

(5) Mémoire cité précédemment.

Quant à Seegen et Kratschmer (1) ainsi que Külz (2) ils affirment que ce sucre est du glucose.

Sans m'étendre longuement sur la critique de ces travaux, je puis dire que les méthodes employées par ces divers physiologistes sont défectueuses. On ne peut affirmer qu'un sucre est du maltose parce que la matière examinée augmente de pouvoir réducteur par l'ébullition avec les acides étendus. C'est en s'appuyant sur cette augmentation que Drosdorff pense déceler et doser le sucre de canne dans la veine porte (3). Tout hydrate de carbone, les dextrines, l'amidon, traités par les acides donnent du glucose. La mucine elle-même, qu'on considère aujourd'hui comme un glucoside (4) est dans le même cas. Il faudrait donc que dans le liquide examiné il n'y eût aucun des corps précédents ; en un mot il faudrait qu'il n'y eût d'hésitation qu'entre glucose et maltose.

La méthode suivie par Seegen et Kratschmer, qui affirment que le sucre ne peut être que du glucose, n'est pas plus rigoureuse. Et cependant ces physiologistes s'appuient simultanément sur le pouvoir rotatoire, le pouvoir réducteur et la fermentation alcoolique du liquide sucré. Ils arrivent à trouver, par exemple, pour une solution d'extrait de foie, un pouvoir réducteur inférieur, rotatoire supérieur à ce que ces deux pouvoirs seraient si la matière qui fermente était du glucose pur. D'autre part, le liquide traité par les acides étendus acquiert un pouvoir réducteur plus élevé. Ils en concluent qu'ils ont affaire à du glucose mélangé de dextrine, cette dernière pouvant fermenter. C'est un fait qui peut tout aussi bien se concevoir en admettant que la solution renferme du maltose et de la dextrine. Peut-être la dialyse que les auteurs ont employée pour rechercher s'ils ne se trouvaient pas en présence d'un mélange de maltose et de dextrine, doit-elle être prise en considération? « Le maltose et le glucose, disent-ils, dialysent avec la même vitesse (5), mais beaucoup plus vite que

(1) E. Külz. Ueber die Natur des Zuckevs in der todtenstarren Leber. Pflüger's Archiv. t. XXIV, p. 52.

(2) Seegen et Kratschmer. Die Natur des Lebersecretes. Pflüg. Arch., t. XXII. p. 206.

(3) Drosdorff. Ueber die Resorption des Rohrzuckers, etc. Zeitsch. f. phys. Chimie, t. I, p. 226.

(4) *Eichwald : cité par Landwehr. Untersuchungen uber das Mucin der Galle und das der Submaxillardrüse. Zeitsch. f. phys. Chem.*, t. V, p. 371. 1881.

(5) D'après mes observations personnelles, il n'en est pas ainsi. Le maltose dialyse moins rapidement que le glucose.

la dextrine. On a donc là un moyen de séparer les sucres de ce dernier corps. » Or dans leur essai, le produit qui a dialysé le premier possédait toutes les propriétés du glucose.

Quoiqu'il en soit, pour démontrer d'une façon péremptoire l'existence du maltose dans le foie ou le sang, il faudrait le séparer et constater ses propriétés, et cela n'a pas été fait. Quant aux raisons invoquées pour nier sa présence, elles ne sont pas suffisamment démonstratives.

On voit par les considérations étendues qui précèdent quelle place tient le maltose au point de vue physiologique. Se formant tout au moins d'une façon transitoire dans toute digestion d'amylacés, c'est un sucre alimentaire autrement important que le sucre de canne qui ne se rencontre qu'accidentellement dans nos aliments; je dirai même que le sucre de lait qui, chez les mammifères, n'entre dans l'alimentation que dans le jeune âge et n'est jamais consommé par les autres animaux.

Le but que je me suis proposé en entreprenant ce travail était de rechercher si le maltose qui est, comme je l'ai déjà dit, un saccharose, ne peut être assimilé qu'après avoir été dédoublé en deux molécules de glucose, si ce dédoublement se fait quelque part dans le tube digestif, et par un des ferments solubles qu'on y rencontre; si les ferments figurés, la levûre, le ferment lactique, les moisissures le dédoublent avant de le consommer; en un mot, s'il se comporte dans toutes les circonstances comme le sucre de canne.

Le maltose dont je me suis servi a été préparé en suivant le procédé décrit par Soxhlet, et pour les détails je ne puis que renvoyer au mémoire original (1). Dans la purification, la pratique m'a enseigné un artifice qu'il me paraît utile de décrire; car il fait gagner beaucoup de temps.

On introduit dans un ballon de deux litres 150 grammes de maltose impur sur lequel on verse 50 grammes d'eau bouillante. Le maltose se dissout en partie. On ajoute alors un litre d'alcool éthylique à 90°. On porte au bain-marie et on met en communication avec un réfrigérant à reflux. On fait bouillir. Avec ces proportions la totalité du sucre se dissout. On filtre bouillant dans un premier vase et on laisse reposer pendant 8 à 10 heures.

(1) Mémoire cité à la page 163.

Il se dépose une petite quantité d'un sirop foncé en couleur, tandis que la solution se décolore. On décante dans un deuxième vase et on amorce avec quelques cristaux imprégnés d'alcool provenant d'une opération précédente. La cristallisation commence immédiatement et elle est terminée en 36 à 48 heures. On obtient ainsi 100 à 110 grammes de maltose entièrement blanc. Le maltose est pur au bout de trois cristallisations.

Les propriétés du maltose ont été vérifiées avant son emploi, surtout en ce qui concerne le pouvoir rotatoire et le pouvoir réducteur. L'examen polarimétrique fait à la lumière de sodium, avec un saccharimètre Laurent, et dans un tube de 20 centimètres, m'a donné les résultats suivants pour la température de 18°5 :

Poids du maltose desséché à 110°	= 3gr 1174
Volume de la solution.	= 50cc 098
α.	= 17° 23

α répond à la déviation observée après un temps suffisant pour que le pouvoir rotatoire ait atteint son maximum. La formule :

$$\alpha D = \frac{\alpha v}{2p}$$

donne ainsi pour valeur du pouvoir rotatoire à 18°,5, en solution à 6,223 0/0 :

$$\alpha D = 138°4.$$

On voit que ce chiffre est un peu plus faible que celui de Soxhlet et correspond plutôt à celui de Meissl.

Dans le cours de mes recherches, j'ai eu surtout à faire des dosage de maltose par la liqueur de Fehling. M'appuyant sur les travaux de Soxhlet (1) et sur mon expérience personnelle, j'ai toujours étendu les liqueurs sucrées de telle sorte qu'elles renfermaient toujours de 0 gr. 5 à 1 gr. 5 de maltose pour 100. D'autre part je me suis servi de liqueur de Fehling étendue de trois fois son volume d'eau. Dans ces conditions, 5 cent. c. de liqueur de Fehling correspondent à 0 gr. 0376 de maltose. Je n'ai pas cru devoir recourir au procédé de dosage préconisé par Soxhlet, ce procédé étant fort long, et mes recherches exigeant de nombreux dosages. Il me semble néanmoins qu'en

(1) Voir page 163.

observant les précautions dont je viens de parler, j'ai éliminé la majeure partie des causes d'erreurs signalées à juste raison par ce chimiste comme inhérentes au procédé tel qu'il est pratiqué habituellement (1).

Il me reste à faire une dernière observation. J'ai été entraîné à instituer quelques expériences qui paraîtront peut-être du domaine de la chimie pure. Si je les publie à côté de celles qui ressortissent à la physiologie, c'est que j'estime que, dans certains cas, il y a si près des conditions physiologiques à des conditions réalisables seulement dans le laboratoire, que la transition est insensible. Exemple : le sucre de canne est dédoublé par de l'acide chlorhydrique dilué comme l'est l'acide du suc gastrique, et à la température du corps; le maltose ne l'est pas. Mais qu'on augmente la proportion d'acide, qu'on élève la température, on verra le maltose se dédoubler également. On devait donc se demander à quelle distance les conditions physiques dans lesquelles il faut se placer pour obtenir un dédoublement apparent, sont des conditions physiologiques dans lesquelles l'examen chimique ne révèle pas de dédoublement. Les phénomènes de la chimie organique ne sont jamais brusques; ils sont lents, surtout dans l'économie, et une réaction à peine sensible dans un verre peut avoir une grande importance dans le corps lorsque cette réaction se poursuit sans cesse, favorisée qu'elle est par la disparition continue des produits formés. Supposons qu'il eût fallu une augmentation très faible d'acide pour rendre le dédoublement du maltose manifeste, on eût été fondé d'après ce que je viens de dire à admettre que, dans les conditions physiologiques, le maltose est dédoublé faiblement dans l'estomac et que ce dédoublement est à considérer dans l'ensemble des transformations que peut subir le maltose par la digestion.

(1) Étant donnée une solution connue de maltose, qu'on expose à une influence hydratante, on peut trouver la quantité de maltose dédoublé dans 100 cc. par un simple dosage à la liqueur de Fehling. En effet, soit n le nombre de centimètres cubes de solution sucrée nécessaire pour décolorer 5 cc. de liqueur cuivrique (= 0 gr. 025 de glucose) et soit x la quantité de maltose transformé en glucose dans 100 cc. $\frac{nx}{100}$ = le maltose transformé dans n cc. qui constitue en glucose $\frac{nx}{100} \times \frac{180}{171}$. On aura donc, si 66 est le pouvoir réductif du maltose, et si a est la quantité primitive p. 0/0 de maltose $\frac{an-nx}{100} \times \frac{66}{100} + \frac{180\,nx}{17100}$ ≐ 25 milligrammes.

§ 1. — Action des acides de l'économie sur le maltose.

Acide chlorhydrique. — Cl. Bernard pensait déjà en 1855 (1) que le sucre de canne était dédoublé par le suc gastrique, en raison de l'acide que renferme ce dernier. D'après Béchamp, cette supposition est exacte (2). En effet, le suc gastrique même étendu de son volume d'eau intervertit rapidement le sucre de canne; mais si ce suc est exactement saturé par le carbonate de soude, le sucre de canne reste inaltéré.

L'analogie qui existe entre le sucre de canne et le maltose, m'a engagé à étudier comparativement l'action de l'acide chlorhydrique dilué sur chacun de ces deux sucres à la température du corps (38° centigrades).

On s'est servi pour cela de solutions sucrées renfermant 0 gr. 50 centigr. de saccharose ou de maltose et 0 gr. 20 d'acide chlorhydrique 0/0. Le tableau suivant réunit les résultats obtenus (3):

Durée de l'essai.	Saccharon interverti p. 0/0 de sucre.	Maltose dédoublé.
6 heures.	69.4	0
12 —	86.2	0
18 —	100	0
36 —	100	0

On voit que tandis que la totalité du sucre de canne peut être intervertie en un peu plus de 12 heures, le maltose reste inaltéré. Il faut en conclure que même si l'acide du suc gastrique est libre, il ne peut exercer aucune action sur le maltose. Si, au lieu d'acide chlorhydrique pur, on emploie du suc gastrique artificiel on n'observe pas davantage le dédoublement du maltose.

Une recherche particulière m'a d'ailleurs montré que si une solution de maltose à 0 gr. 50 p. 0/0 additionnée de 0 gr. 2 p. 0/0 d'HCl, est portée en vase scellé à 110° pendant une heure, 71 p. 0/0 du sucre sont dédoublés.

Acide lactique. — Deux solutions sucrées renfermant comme dans les recherches précédentes 0 gr. 50 de chacun des sucres

(1) Leç. de phys. expérimentale, t. II, p. 314.

(2) *Les Microzymas*, p. 314.

(3) Un résumé de la partie la plus importante de ces recherches a été inséré aux Comptes rendus de l'Académie des sciences (décembre 1882, 5 novembre et 3 décembre 1883).

furent additionnées de 0 gr. 493 d'acide lactique p. 0/0 (= 0 gr. 2 de HCl) et exposées à la température de 38° pendant 36 heures.

Le maltose ne fut pas attaqué, tandis qu'il y eut 33, 33 p. 0/0 du sucre de canne interverti.

L'acide lactique est du reste loin d'exercer sur le maltose une action comparable à celle qu'exerce l'acide chlorhydrique, puisque le maltose n'est même pas altéré si on porte la solution précédente à 110° pendant une demi-heure.

Acide carbonique. — Il y a quelques années, Lippmann (1) a étudié l'action de l'acide carbonique sur le sucre de canne et constaté qu'on peut intervertir ce sucre en totalité à l'aide de cet acide, à la condition d'opérer sous pression. Il y avait donc à rechercher si de petites quantités d'acide carbonique, à la pression ordinaire, peuvent exercer une action inversive soit sur le sucre de canne, soit sur le maltose.

Pour cela on a introduit dans un ballon à long col 80 centim. c. d'une solution de sucre de canne à 1 p. 0/0. Le col ayant été ensuite effilé, on a fait passer dans le ballon un courant d'acide carbonique, bien lavé, à l'aide d'un tube presque capillaire descendant au fond du ballon, de manière à saturer la solution d'acide et à remplacer l'air plus léger par ce gaz. La partie effilée du col fut alors scellée à la lampe.

Dans un deuxième ballon d'égale capacité, on a introduit 80 cent. c. de la même solution sucrée et fermée à la lampe sans remplacer l'air par de l'acide carbonique.

Enfin, dans un troisième ballon on a mis une solution de maltose qu'on a saturée d'acide carbonique de la même façon que pour le premier ballon.

Ces ballons furent tous trois placés dans une étuve réglée à 38°. Au bout de cinq jours, on a constaté que dans le ballon témoin (n° 2) il n'y avait pas trace de sucre interverti.

Dans le ballon n° 1, 3.22 p. 0/0 du sucre de canne étaient intervertis.

Dans le ballon n° 3, le maltose n'avait pas été attaqué. L'examen de l'action de l'acide carbonique sur les deux sucres a d'ailleurs été poussé plus loin, et bien que cela ne soit plus d'ordre physiologique, je crois devoir publier les résultats auxquels je

(1) Ed. v. Lippmann. Ueber die Inversion des Rohrzuckers durch Kohlensaüre, und einige Eigenschaften des Invertzuckers. *Ber. d. d. Chem. Gesells*, t. XIII, p. 1822 (1880).

suis parvenu; rien de semblable n'ayant été fait jusqu'à présent.

Pour étudier l'action de l'acide carbonique sous pression et à différentes températures, on s'est servi d'un dispositif analogue (1) à ceux qu'on emploie dans l'étude des réactions pyrogénées au bain d'huile. Dans un tube en verre de Bohême épais on versait tout d'abord une solution connue de l'un des sucres. On introduisait ensuite un tube à essai *a* renfermant une quantité exactement pesée, de bicarbonate de potasse pur et grossièrement pulvérisé. Le bicarbonate de potasse n'occupait pas plus du cinquième de la longueur du tube à essai. Il était surmonté d'un autre petit tube en verre *b*, renfermant de l'acide sulfurique au 1/3, et d'une longueur égale aux 2/5 du tube à essai *a*. Celui-ci était fermé par un tampon de coton préalablement trempé dans une dissolution de bicarbonate de soude puis desséché. Pour empêcher le tube à essai de s'enfoncer dans la solution sucrée, un agitateur en verre, de la longueur de la colonne liquide avait été placé dans cette solution, en sorte que le tube *a* venant s'appuyer sur l'agitateur, s'arrêtait juste à la surface de la solution.

Au moyen d'un tube assez capillaire pour pouvoir passer entre le tube *a* et la paroi du tube épais, et assez long pour pouvoir pénétrer jusqu'au fond de la solution sucrée, on saturait celle-ci d'acide carbonique, qui en même temps chassait l'air de l'appareil et le remplaçait.

Le tube ayant été fermé à la lampe, on l'inclinait avec précaution. L'acide sulfurique tombant sur le bicarbonate, celui-ci était décomposé, et l'acide carbonique ainsi mis en liberté venait augmenter la quantité et la pression de celui dont on avait rempli le tube à la pression ordinaire. Le tampon de coton laisse passer le gaz, mais empêche toute projection d'acide. Après la décomposition totale du bicarbonate, on pouvait porter l'appareil à la température voulue.

Connaissant la capacité du tube (déduction faite du volume occupé par l'agitateur et les parois des tubes intérieurs); connaissant en outre le poids de bicarbonate de potasse et la tempé-

(1) Cette étude a été faite au laboratoire de M. le professeur Yungfleisch, à l'Ecole de phamacie; M. Yungfleisch m'a donné dans cette recherche particulière, comme dans le cours de tout mon travail, de précieux conseils. Je l'en remercie sincèrement.

rature de l'expérience, on a toutes les données suffisantes pour déterminer la pression de l'acide carbonique à cette température.

Les essais ont été poussés, la pression étant à 15-18° de 5 athmosphères 1/10 jusqu'à la température de 100°.

Le tableau qui suit résume les résultats. Les solutions renfermaient 1 gr. de sucre p. 0/0, sauf celles qui ont servi dans les deux dernières expériences qui étaient à 2 p. 0/0.

Pression à 15°-18°.	Température de l'essai.	Durée de l'essai.	Saccharose interverti p. 0/0.	Maltose dédoublé p. 0/0.
0,76.	38°	120 heures.	3,22	0
3 athmosp.. . . .	15°	144 —	1,60	—
4 — 1/2..	100°	2 —	—	0
4 — 1/10.	100°	2 —	41,32	—
5 — 2/10.	100°	2 —	52,08	—
5 — 1/10.	100°	2 —	—	0

Ainsi en chauffant une solution de maltose à 100°, et sous une pression d'acide carbonique qui à cette température dépasse 6 atmosphères, le maltose n'est pas altéré.

L'action d'autres acides organiques a été également examinée, mais je ne puis entrer ici dans des détails à cet égard; j'indiquerai seulement que l'acide oxalique, à la dose de 1 p. 0/0 dédouble des proportions assez élevées de maltose à 110° (31.8 p. 0/0 en une demi-heure). Il y a évidemment à rapprocher ce fait de la saccharification assez rapide de l'amidon par le même acide (1) étudiée récemment par Salomon.

En résumé on voit que la résistance du maltose à l'action des acides est infiniment plus grande que celle du sucre de canne. S'il y a lieu d'admettre que des proportions notables de ce dernier sont interverties dans l'estomac, et de supposer que des proportions infiniment moindres peuvent être interverties dans le sang par l'acide carbonique, il est évident que le maltose est inaltérable sous ces influences.

§ 2. — Action des ferments solubles et des sucs digestifs sur le maltose.

Invertine. — En raison des analogies qui existent entre le sucre de canne et le maltose, le premier ferment soluble à essayer

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 1885, t. IV (6).

était l'invertine qui dédouble le sucre de canne avec une grande rapidité.

La solution d'invertine qui a servi dans mes recherches était préparée d'après le procédé suivant : 250 gr. de levûre fraîche sont délayés dans 500 cc. d'eau, puis essorés à la trompe. La levûre est alors mélangée à deux cents grammes de sable lavé; puis le tout est additionné de 500 cc. d'alcool à 90 et jeté sur un filtre. On fait ensuite sécher à une température inférieure à 40°. On obtient environ 250 gr. de poudre qu'on conserve dans un flacon bien bouché.

Pour l'usage, 10 gr. de ce produit (correspondant à 10 gr. de levûre fraîche) sont mis à macérer dans 50 cent. d'eau distillée pendant une heure, puis jetés sur un filtre. On obtient ainsi une solution d'invertine claire et intervertissant rapidement le sucre de canne.

Expérience I. —	Solution de maltose à 0 gr. 50 p. 0/0.	50 cc.
	Solution d'invertine.	5 cc.
	Eau.	5 cc.

On laisse réagir 18 heures à la température de 16°. Au bout de ce temps, le pouvoir réducteur du mélange ne s'était pas accru. Il y a donc lieu de conclure que l'invertine n'exerce aucune action hydratante sur le maltose.

Diastase. — D'après De Méring (1), la diastase n'agit pas sur le maltose lorsque le contact ne dure pas longtemps; mais elle le dédouble à la longue.

Exp. II. —	Solution de maltose à 0 gr. 50 p. 0/0. .	50 cc.
	Solution de diastase (10 centigr.). . . .	10 cc.

On maintient pendant 4 heures à 35°. Le liquide est devenu légèrement acide. Son pouvoir réducteur n'a pas changé sensiblement. Il n'y a donc pas eu de dédoublement.

Exp. III. —	Solution de maltose à 6 gr. 223 p. 0/0.	20 cc.
	Solution de diastase (0 gr. 10 cent.)..	20 cc.
	Chloroforme 15 gouttes.	

Au bout de 24 heures à 18°, pas de changement.

Salive. — D'après de Méring, la salive n'altère pas le maltose dans un temps court, mais le dédouble lentement si on prolonge le contact.

(1) Mémoire déjà cité. *Zeitsch. f. physiol. Chemie*, t. V, p. 185.

Exp. IV. — Deux essais ont été préparés en mélangeant :

Solution de maltose à 0 gr. 50 p. 0/0..	50 cc.
Salive filtrée..	50 cc.

L'un de ces essais a été abandonné à la température du laboratoire (16°) pendant 18 heures. Le liquide s'est à peine troublé : il est légèrement acide; le pouvoir réducteur n'a pas changé. Si le maltose avait été dédoublé; le pouvoir réducteur aurait augmenté.

Le deuxième essai a été maintenu pendant 18 heures à 40°. Le liquide s'est fortement troublé, il était rempli de bactéries et acide. Néanmoins le pouvoir réducteur n'a pas sensiblement changé.

Il n'y a donc eu d'action dans aucun cas.

Salive et acide carbonique.

Exp. V. — On met dans un matras :

Solution de maltose à 0,5 p. 0/0.	50 cc.
Salive filtrée.	5 cc.

On fait le vide dans le matras, et on laisse rentrer de l'acide carbonique après quoi on ferme à la lampe (le col du matras avait été étiré avant de faire le vide). On porte à 40° pendant 18 heures. Le maltose n'est pas dédoublé.

Le liquide est absolument limpide, et l'examen microscopique ne révèle la présence d'aucune bactérie. Or, l'exp. V a été faite avec les mêmes liquides que le deuxième essai de l'exp. IV. Il faut donc en conclure que l'acide carbonique s'oppose au développement des bactéries — tout au moins de certaines bactéries.

Salive et invertine. — On pouvait se demander si l'association de deux ferments ne donnerait pas naissance à quelque chose de différent de ce qui précède.

Exp. VI. —	Solution de maltose à 0,5 p. 0/0.	50 cc.
	Solution d'invertine.	5 cc.
	Salive..	5 cc.

Le mélange est maintenu à 36° pendant 12 heures. Le maltose n'est pas dédoublé. Le liquide s'est peuplé de bactéries. Il est acide.

Suc pancréatique.

Exp. VII. — Le pancréas d'un lapin à jeun depuis la veille, est découpé et mis à macérer dans l'eau distillée pendant 4 heures. On filtre et on ajoute une portion du liquide filtré.

A. A de l'empois d'amidon. On expose à la température de 32° pendant 14 heures. L'empois est entièrement saccharifié.

B. A 10 cent. c. d'une solution de maltose à 2 p. 0/0, température de 32° pendant 14 heures. Le liquide est envahi par les bactéries; une petite portion de maltose a disparu, consommé par celles-ci ; mais il n'y a pas trace de glucose.

Exp. VIII. — On découpe le pancréas d'un lapin en digestion, on le met à macérer dans de l'alcool à 92° pendant une demi-heure. On jette sur un filtre. Après écoulement de l'alcool on fait macérer le pancréas dans de l'eau distillée pendant trois heures, et on sépare la solution aqueuse par filtration.

A. 10 cent. c. de liquide pancréatique sont additionnés de 10 cent. c. de solution de maltose à 2 p. 0/0. Dix-huit heures de contact à la température de 18°. Le liquide est devenu très légèrement acide, et s'est un peu troublé. A l'analyse on trouve que 1/10 environ du maltose a été transformé en glucose.

B. 10 cent. c. du même liquide pancréatique sont additionnés de 10 cent. c. de solution de saccharose à 2 0/0. Après dix-huit heures du contact à 18°, on essaie à la liqueur de Fehling, et on n'observe pas de réduction. Le sucre de canne n'a donc pas été interverti. Puisque le maltose l'a été partiellement, il faut admettre que le ferment qui agit sur le maltose n'a pas d'action sur le saccharose. La réciproque a déjà été démontrée.

Liquide intestinal. — Brown et Héron (1) ont fait sur ce liquide des recherches assez étendues. J'ai varié moi-même mes expériences de différentes façons en raison de quelques faits difficilement explicables au premier abord. A supposer que le liquide secrété par l'intestin fût actif sur le maltose, on devait déjà s'attendre à trouver des variations de cette activité suivant la portion de l'intestin considérée. Aussi dans mes recherches, ai-je toujours fait trois essais parallèles portant sur trois portions bien déterminées de l'intestin.

Exp. IX. — *A.* Dans une solution de maltose à 0 gr. 35 p. 0/0 on a mis macérer une portion d'intestin de lapin à jeun. Cette portion avait été prise au voisinage du pylore et lavée par un courant d'eau. Le maltose n'a pas été sensiblement altéré. — Température 18°. Durée du contact 24 heures.

B. Dans une autre solution au même titre, on a mis un morceau du même intestin pris à 1 mètre du pylore : soit à 70 centim. environ de l'endroit où débouche le canal pancréatique. Température 18°. Durée de l'expérience 24 heures. Le maltose a été en partie dédoublé (20 p. 0/0).

C. Une troisième portion de l'intestin rapprochée du cœcum a été ajoutée à une solution de maltose. — Même température, même durée de l'expérience. — Maltose dédoublé : 11 p. 0/0. Cette expérience a été répétée avec l'intestin d'un lapin en digestion. En même temps, on a essayé l'action des mêmes portions de l'intestin sur une solution de sucre de canne. La solution de maltose était à 0 gr. 44 pour 0/0, celle de saccharose à 0 gr. 50. Température 18°.

Exp. X. — *A.* Morceau d'intestin faisant suite à l'estomac. — Le maltose n'était pas altéré. Le saccharose était partiellement interverti. — Durée 18 heures.

(1) *Brown* et *Héron*. Ueber die hydrolitischen Wirkungen des Pankreas und des Dünndarms. *Ann. d. Chemie und. Pharm.*, t. CCIV, p. 228. 1880.

B. Portion médiane de l'intestin grêle. 70 p. 0/0 du maltose ont été dédoublés en 18 heures. Le saccharose était entièrement interverti.

C. Dernière portion de l'intestin grêle avec première portion du gros intestin. Ni le maltose ni le saccharose n'ont été altérés.

Les portions d'intestin employées avaient été lavées préalablement. Dans tous les cas, il y a eu un grand développement de bactéries.

Exp. XI. — Dans cette expérience le morceau d'intestin pris dans la région moyenne, a d'abord été lavé par un courant d'eau, puis lié par un bout de façon à constituer une sorte de vase. On l'a rempli ensuite d'une solution de maltose à 1 gr. 90 p. 0/0. Au bout de 12 heures, la température était de 18°, on a constaté que 7 p. 0/0 du maltose étaient transformés en glucose. Il y a eu également développement de bactéries.

Dans toutes les expériences qui viennent d'être exposées, l'intestin était directement en contact avec la solution sucrée. J'espérais ainsi être dans les conditions les plus favorables à une action fermentaire. Cl. Bernard (1), en effet, en traitant de la propriété inversive du suc intestinal, insiste sur ce point que le suc obtenu par macération, agit plus lentement que le contact de la membrane muqueuse intestinale.

Mais on pouvait supposer que l'action observée était déterminée par les tissus, sans qu'il y eût l'intervention d'un ferment soluble. La question, méritant d'être examinée, j'ai effectué des expériences conduites autrement que celles qui précèdent. L'intestin était mis à macérer dans l'eau pendant un temps convenable. Le produit était jeté sur un filtre en papier ou sur du coton, et le liquide filtré mélangé à la solution sucrée.

Exp. XII. — *Lapin à jeun.* — On sépare un mètre d'intestin grêle; on le nettoie à l'aide d'un courant d'eau, on le découpe et on le met à macérer dans l'eau pendant deux heures (température = 18°). On filtre sur papier. Produit obtenu : 100 cent. c.

Ce liquide ne réduit pas la liqueur cupro-potassique; il ne renferme donc pas de sucre.

A. 15 cent. c. sont mélangés à 10 c. c. de solution de maltose à 2 p. 0/0. Au bout de 14 heures d'exposition à la température de 36°, il y a 24 p. 0/0 de maltose transformé en glucose.

B. 15 c. c. sont mélangés à 10 c. c. de solution de saccharose à 2 p. 0/0. Même température, même durée que pour *A*.

Saccharose interverti 29 p. 0/0.

Exp. XIII. — *Lapin en digestion.* — On découpe un morceau d'intestin grêle pris à partir du pylore et long de 1m,50; et on le met à macérer dans

(1) Leçons sur le diabète, p. 260.

100 c. c. d'eau distillée pendant 2 heures 1/2. On filtre à la trompe sur une bourre de coton placée dans un entonnoir. Le liquide est limpide.

A. 15 cent. c. sont ajoutés à 10 cent. c. de solution de sucre de canne à 2 p. 0/0. On met dans une étuve réglée à 36° pendant 18 heures. Saccharose interverti 38 p. 0/0.

B. 15 cent. c. sont ajoutés à 10 cent. c. de solution de maltose à 2 p. 0/0. 18 heures à 36°. Maltose dédoublé 67.7 p. 0/0.

Dans les expériences précédentes, les liquides ont toujours été envahis par les bactéries; mais cet envahissement a surtout été remarquable dans l'essai suivant.

Exp. XIV. — On fait une macération aqueuse avec la plus grande partie de l'intestin grêle d'un lapin en digestion et on en retire un suc intestinal assez clair par filtration.

On mélange 30 cent; c. de ce liquide avec 30 c. c. de solution de maltose à 2 p. 0/0. Température 18°.

1° Examen après	20 heures.	— Maltose dédoublé.	37.5 p. 0/0
2° —	44 —	— .	85 —

Les bactéries qui avaient envahi le liquide dès les premières heures se sont pendant la deuxième journée rassemblées en un nuage floconneux qui n'a pas tardé à se précipiter au fond du ballon.

Ainsi, il a été établi successivement: 1° que l'intestin grêle, et en particulier la partie moyenne de cet intestin possède la propriété de dédoubler le maltose; 2° que ce dédoublement n'est pas déterminé par les tissus en tant que tissus, mais plutôt par un ferment soluble, produit par eux, puisque la macération aqueuse filtrée de l'intestin agit aussi énergiquement que l'intestin lui-même.

Cependant, cette dernière proposition pouvait être combattue en s'appuyant sur ce fait que dans toutes les expériences relatives à cette étude, il y a eu un développement considérable d'infiniments petits. On pouvait dire que le dédoublement était produit ou par ces organismes ou par un ferment sécrété par eux. Il fallait donc trouver un moyen de les éliminer.

On a conseillé depuis longtemps dans des circonstances analogues l'emploi des filtres en terre poreuse. J'ai en effet institué une série de recherches, dans lesquelles le liquide obtenu par macération aqueuse de l'intestin était filtré soit au travers d'un vase à pile, soit à travers le tuyau de pipe adapté au ballon

de Pasteur. Le liquide ainsi privé de germes (1) était mélangé à la solution sucrée en prenant les précautions usitées en pareil cas.

Exp. XV. — On prend un mètre de l'intestin grêle d'un lapin à 25 centim. à partir du pylore. On le lave par un courant d'eau. On le découpe et on le met à macérer pendant 12 heures à la température du laboratoire dans de l'eau distillée. On filtre les liquides à travers un vase à pile.

On mélange 40 cent. c. du liquide filtré avec 50 cent. c. de solution de maltose à 1 p. 0/0, et on abandonne à la température du laboratoire (18°) pendant 24 heures. Le maltose n'a pas été altéré.

Exp. XVI. — On s'est servi dans cette expérience de l'appareil Pasteur, c'est-à-dire que le suc intestinal artificiel a été filtré à travers un tuyau de pipe.

A. 25 cent. c. de liquide ainsi filtré sont additionnés de 10 c. c. de solution à 2 p. 0/0. On abandonne le mélange 12 heures à 22°, puis 6 heures à 36°.

Maltose dédoublé 5 p. 0/0.

A'. 15 c. c. du suc intestinal non filtré ont été également mélangés à 10 c. c. de maltose à 2 p. 0/0. — 18 heures à 36°.

Maltose dédoublé = 67.7 p. 0/0.

B. 15 cent. c. de liquide filtré au tuyau de pipe sont mélangés à 10 c. c. de solution de saccharose à 2 p. 0/0. On abandonne 12 heures à 22° et 6 heures à 36°.

Saccharose interverti = 0.

B'. Comme en *A'*, le sucre étant du saccharose.

Saccharose interverti = 38 p. 0/0 (2).

Exp. XVII. — Répétition de l'expérience qui précède avec l'intestin d'un autre lapin.

A	Maltose dédoublé :	0 durée : 12 h. à 22°, puis 7 h. à 36°.
A'	—	24 p. 0/0, durée : 14 h. à 36°.
B	Saccharose interverti :	8.5 p. 0/0, durée : 12 h. à 22°, puis 7 h. à 36°.
B'	—	29 p. 0/0, durée : 14 h. à 36° (3).

L'examen des résultats obtenus dans les trois dernières expériences paraît démontrer que les bactéries jouent un rôle important dans l'hydratation des deux sucres. On y voit en effet qu'un suc intestinal d'une activité incontestable lorsqu'il n'a pas été filtré, devient inactif ou presqu'inactif lorsqu'il a passé à travers la terre poreuse, c'est-à-dire lorsqu'il a été dépouillé des germes,

(1) Nous avons montré, M. Galippe et moi dans quelles conditions les microorganismes peuvent traverser le filtre. Comptes-rendus de la *Société de Biologie*, Série 8, t. II, p. 111 et 120. 1885.

(2) Cette expérience a été faite en même temps que l'exp. XIII.

(3) Cette expérience a été faite en même temps que l'exp. XII.

qui en se multipliant venaient envahir les liquides des expériences décrites antérieurement.

J'aurais probablement conclu dans ce sens si je n'avais rencontré dans la littérature physiologique plusieurs observations conduisant à une interprétation différente de celle qui me paraissait certaine au premier abord. Je veux parler des observations qui tendent à faire supposer que les ferments solubles sont arrêtés ou en partie arrêtés par les cloisons en terre poreuse. Si cet arrêt a lieu, non seulement on élimine les microorganismes en ayant recours à ce mode de purification, mais encore, on se débarrasse de l'agent qu'il serait important de conserver.

Les faits se rapportant à cette question sont encore peu nombreux, et ils n'ont pas été que je sache rassemblés jusqu'à présent. Je vais donc essayer de les mettre en relief.

D'après Külz (1) si on filtre le suc gastrique même à l'aide du papier, ce suc perd de ses propriétés. Charles Richet (2) parlant du suc gastrique des poissons dit qu'il semble que la filtration lui enlève de son activité.

D'après William Roberts (3) le liquide provenant de la macération d'une portion de l'intestin grêle dans l'eau, jouit de la propriété d'intervertir le sucre de canne, tandis que ce même liquide filtré à travers du papier jusqu'à clarification complète ne possède plus cette action. « Il semble, ajoute-t-il, que le ferment inversif ne se dissout pas complètement, ou même ne se dissout pas du tout. »

Brown et Héron (4) ont constaté que l'extrait de malt qui a été filtré à travers une paroi d'argile non vitrifié est sans action diastasique, et ne renferme aucun corps albuminoïde coagulable.

Pour Cazeneuve (5) le filtre en plâtre retient les matières albuminoïdes et les ferments solubles. Le filtre en porcelaine ne présente pas le même inconvénient.

(1) Deutsch Zeitschr. fur prack. Medicin, 1875, n° 27. Cité par Ch. Richet.

(2) Charles Richet. Du suc gastrique. Thèse pour le Doctorat ès-sciences, p. 69.

(3) William Roberts. Les ferments digestifs. — Traduction française.

(4) Brown et Héron. Beiträge zur Kentniss des Stärke und des Umwandlungen derselben. *Ber. d. d Chem. Gesellsch.* 12, p. 1477.

(5) Cazeneuve. Observations critiques sur l'emploi des filtres de plâtre pour stériliser les liquides à ferments. *Bull. de la Soc. chim. de Paris*, t. XLII, p. 89.

Enfin d'après Hartley (1) les substances albuminoïdes sont incapables de filtrer sous pression à travers un vase en terre poreuse (2).

Je n'ai fait pour ma part qu'un seul essai dans cette voie. J'ai étendu de la salive avec de l'eau; j'en ai conservé une partie et j'ai filtré le reste à l'aide de l'appareil à tuyau de pipe. 5 cent. c. de la salive filtrée furent mélangés à 50 cent. c. d'empois d'amidon liquide; au bout de 18 heures le mélange avait acquis un pouvoir réducteur de 46. Cinq cent. c. de salive non filtrée avaient communiqué, pendant le même temps, à la même quantité d'empois un pouvoir réducteur de 52.

Il faut donc admettre que le filtre retient une partie du ferment. Peut-être y a-t-il là une sorte de fixation, comparable à la fixation des matières colorantes par le charbon animal, ou encore des matières albuminoïdes par ce même charbon animal (3). Dans cette hypothèse, l'arrêt ne serait pas indéfini. La paroi filtrante une fois saturée par la matière albuminoïde laisserait passer celle-ci à la filtration, comme du charbon animal, une fois saturé par une matière colorante, se trouve incapable d'en absorber de nouvelles quantités.

Quoiqu'il en soit, en raison de ce qui précède, une certaine incertitude s'attache à l'emploi du filtre en terre poreuse. J'ai donc dû chercher dans une autre direction pour répondre à la question qui s'est posée d'elle-même dans le cours de mes recherches sur le liquide intestinal : « Les bactéries sont-elles la cause du dédoublement des deux sucres. »

Exp. XVIII. — On se rappelle que dans l'expérience XIV les bactéries ont pris un développement considérable, et que le dédoublement du maltose a été presque complet. On s'est servi de ces bactéries pour ensemencer une deuxième solution de maltose à 1 p. 0/0. Cette solution avait été faite dans du bouillon de levûre et stérilisée à 100° pendant une demi-heure. Le liquide placé dans une étuve réglée à 35° s'est troublé rapidement. Après 24 heures, on a con-

(1) Leçons sur la fermentation par Hartley. Traduit de l'anglais. *Moniteur scientifique*, t. XV [3], 1885, p. 45.

(2) Je dois dire que M. Duclaux a vu que la présure reste active après filtration au travers de la porcelaine dégourdie (*Microbiologie*, p. 154). Je ne crois pas cependant qu'il ait fait à cet égard de recherches quantitatives.

(3) Voir Cl. Bernard. Leç. de physiologie exp. appliquée à la médecine, t. I, p. 52, 1854. Cette propriété du charbon animal a été l'objet d'un nouvel examen de la part de MM. Bochefontaine et Marcus. Compt. rend. des Séances de la Société de Biologie [7], t. IV, p. 120.

voies éliminatoires, qui sont les reins d'une part et la muqueuse stomacale de l'autre (1). Mais comme il n'y a véritable sécrétion de la muqueuse gastrique qu'au moment de la digestion, on voit qu'en expérimentant sur un animal à jeun, on n'a plus qu'une porte de sortie qui est le rein. Il n'y a pas dans ce cas de matière sucrée perdue pour l'expérimentateur.

Lorsqu'on injecte un sucre assimilable, s'il est en excès, l'excès s'élimine également par l'urine. On peut donc l'étudier aussi quand il a traversé l'économie, et voir si le sucre qui reste a subi dans son parcours quelque transformation.

C'est en ne perdant pas de vue ces indications que nous avons entrepris, M. Dastre et moi, une étude de l'assimilabilité du maltose par les injections. Dans cette étude, trois expériences seulement se rapportent à mon sujet. Les résultats qu'elles nous ont donnés ont déjà été publiés (2). Néanmoins, je les exposerai avec quelques détails.

Expérience I. — On injecte dans l'artère carotide gauche d'un chien à jeun 3 gr. 04 de maltose en solution dans 16 cent. c. de liquide.

On met environ 5 minutes à faire l'injection.

L'urine du chien examinée avant l'opération ne renfermait point de sucre.

On recueille en 1 heure 45 minutes 37 cent. c. 5 d'urine.

La liqueur de Fehling, dont on s'est servi pour l'analyse de l'urine, était titrée de telle sorte que 5 cent. c. étaient entièrement décolorés par 0.0376 de maltose.

L'urine recueillie renferme du sucre réducteur. On dose ce dernier comme maltose, et on trouve ainsi que l'urine totale doit renfermer 0 gr. 683 de maltose.

Pour savoir si ce sucre est bien du maltose, on prend une portion de l'urine, on l'additionne de 1 p. 0/0 d'acide sulfurique; on l'introduit dans un ballon qui est scellé et porté à 105°-106° pendant une heure. Des expériences particulières m'ont démontré que dans ces conditions, le maltose est entièrement dédoublé. Il ne peut donc y avoir dans le ballon, après cette opération, que du glucose. On fait alors un nouveau dosage et on trouve pour les 37 cc. 5 d'urine 0 gr. 722 de glucose. Or, les 0 gr. 683 de maltose supposés dans le premier dosage, doivent donner, d'après la formule

$$C^{24}H^{22}O^{22} + H^2O^2 = 2\,C^{12}H^{12}O^{12}$$

0 gr. 718 de glucose. — Chiffre sensiblement identique à 0 gr. 722.

Cette expérience prouve 1° que sur 3 gr. 04 de maltose

(1) Leçons de physiol. expérimentale, t. I, p. 303. 1854.

(2) De l'*Assimilation du Maltose*; par MM. A. Dastre et Em. Bourquelot. Comptes rendus, t. XCVIII, p. 1604.

1 gr. 683 seulement n'ont pas été assimilés, soit : 22.46 p. 0/0 ; 2° que le sucre non assimilé est du maltose non altéré (1).

Deux autres injections ont été faites de la même manière : l'une dans une veine saphène, l'autre dans la carotide droite. Il suffira d'indiquer sommairement les points saillants de ces expériences.

Exp. II. — Chien à jeun.
Vaisseau injecté : veine saphène.
Maltose injecté — 3 gr. (15 cc.).
Durée de l'injection — 5 minutes.
Urine recueillie en 1 heure 55 minutes : 42 cc.
Sucre dosé comme maltose = 1 gr. 82.
Glucose obtenu par SO^3 : 1 gr. 89.

Or 1 gr. 82 de maltose doivent donner 1 gr. 91 de glucose. On a donc bien affaire à du maltose, et on voit qu'il en reste 60.6 p. 0/0.

Exp. III. — Chien à jeun.
Vaisseau injecté : carotide droite.
Maltose injecté = 3 gr. 80.
Durée de l'injection = 10'.
Urine recueillie en 6 heures : 45 cc.
Maltose retrouvé : 0 gr. 922, soit 24.26 p. 0/0.

Rien ne s'oppose donc à admettre qu'une partie du maltose formé dans la digestion passe directement dans le sang, puisque ce sucre est manifestement assimilable. Mais, même lorsque le maltose est détruit dans le sang, la destruction est-elle précédée par un dédoublement en glucose? Si l'on admet que la diastase est le ferment soluble qui dédouble le maltose, l'hypothèse d'un dédoublement préalable trouve un appui dans ce fait que le sang renferme de la diastase.

En effet, Magendie et Cl. Bernard ont fait depuis longtemps la remarque que le sérum du sang saccharifie l'amidon (2). Il a même fait des injections d'amidon soluble et de glycogène dans le sang et constaté que l'urine de l'animal injecté renfermait du sucre (3). Mais en présence de ce fait qu'après injection de

(1) Cette deuxième proposition a été également énoncée par Philipps. Over maltose en hare omzetting tot glucose binnen het dierlijk organismus. Diss. Amsterdam, 1881.

(2) Leç. de physiol. expérim., t. II, p. 163. Liquides de l'organisme, t. I, p. 498.

(3) Leçons sur le diabète, p. 539.

maltose dans le sang on ne trouve pas de glucose dans l'urine, il faudrait supposer en outre que le glucose provenant du dédoublement du maltose est consommé immédiatement.

J'aurai plus loin, à propos de la fermentation alcoolique du maltose, l'occasion de revenir sur ce point.

§ 4. — Consommation du maltose par quelques champignons inférieurs.

Dans ces dernières années, la biologie des végétaux inférieurs a fait de grands progrès, en raison surtout de la propriété qu'ils possèdent de se développer dans des milieux artificiels. Cette circonstance permet d'introduire à volonté dans un milieu connu une substance alimentaire bien déterminée et de la suivre dans les altérations qu'elle subit sous l'influence des manifestations vitales de l'être qu'elle nourrit. Sous ce rapport l'*Aspergillus niger* et le *Penicillium glaucum* présentent de grands avantages. La facilité avec laquelle on se procure ces champignons à l'état de pureté et dans des conditions convenables permet de faire avec eux des essais très variés.

Aspergillus niger. — Cette moisissure appartient à l'ordre des champignons ascomycètes, c'est-à-dire que ses spores sont renfermées dans un sac (asque). Mais outre la forme ascosporée, elle présente un état conidifère. C'est même dans cet état qu'on la rencontre d'ordinaire, et en particulier lorsqu'on la cultive sur du liquide de Raulin. Elle se développe spontanément sur des tranches de citrons. Ensemencée dans le liquide de Raulin, contenu dans une cuvette plate, elle fournit à la surface du liquide un thalle composé de nombreux filaments rameux et cloisonnés ; ce sont des filaments libres, dressés sur ce thalle, qui portent les fructifications noires.

Expérience I. — On sait que le liquide de Raulin est une sulution aqueuse d'un certain nombre de sels minéraux, d'acide tartrique et de sucre de canne. Cette dernière substance est la matière organique alimentaire importante. Si on la remplace par un autre hydrate de carbone, la végétation peut être influencée considérablement. On a donc préparé plusieurs liquides de Raulin, ne différant entre eux que par l'hydrate de carbone. Chacune de ces liqueurs est versée dans une cuvette, puis ensemencée avec des spores d'Aspergillus.

A	L'hydrate de carbone est du glucose. . . .		Germination rapide. Formation d'un thalle épais dès les 1[res] 24 heures.
B	—	maltose. . .	Id.
C	—	lichénine. .	Id.
D	—	inuline. . .	Id.
E	Dextrine.		Germination très difficile.
F	Lactose.		Id.

Le maltose se conduit donc comme le glucose.

Exp. II. — On fait développer sur du liquide de Raulin une culture d'Aspergillus. Lorsque le thalle s'est trouvé couvert de fructifications, on siphone le liquide sous-jacent et on le remplace par de l'eau distillée. Un quart-d'heure après, on enlève cette eau et on met à sa place une solution de maltose à 3 p. 0/0. Température 20 à 22°.

Rotation de la solution	8°20'	*correspondent à*	3 gr. de maltose p. 0/0
— après 24 h. .	4°8'	—	1 gr. 54 —
— après 48 h. .	1°26'.	—	0 gr. 52 —

Un dosage à la liqueur de Fehling indique d'autre part, si on considère le sucre réducteur comme du maltose, que la solution renferme :

Après 24 heures.	2 gr. 21
Après 48 heures.	1 gr. 17

Comme on le voit les résultats sont différents, et l'examen comparatif des chiffres montre que la solution sucrée doit renfermer un mélange de glucose et de maltose. Il y a par conséquent lieu d'admettre que le maltose en contact avec le thalle de l'Aspergillus ne tarde pas à être dédoublé.

Exp. III. — Répétition de l'expérience 2. L'eau avec laquelle on lave le vase et le thalle est examinée au polarimètre et à la liqueur de Fehling. Elle ne donne ni rotation ni réduction. On n'a donc pas à craindre qu'il ne reste de matière sucrée. On enlève l'eau et on la remplace par une solution de maltose à 3 p. 0/0. Température 20-22°.

La solution est analysée tous les jours. On fait chaque fois un examen au polarimètre et un dosage à la liqueur de Fehling, ce qui permet de calculer les proportions de maltose et de glucose qu'elle renferme (1).

(1) Soit x la quantité de maltose solution dans 100 centig. et y la quantité de glucose. En admettant comme pouvoir rotatoire du maltose : 138° 4 du glucose : 53° 4, on voit que 1 gr. de maltose dans 100 centig. doit donner avec un tube de 2 déc. 2° 77 et 1 gr. de glucose 1° 068. On a donc

$$(1)\quad x \times 2,77 + y \times 1,068 = d$$

si d est la déviation observée. Soit d'autre part n le nombre de centimètres cubes de solution sucrée nécessaire pour décolorer 5 centim. c. de liqueur de Fehling; en tenant compte du pouvoir réducteur du maltose qui est les 66/100 de celui du glucose, on a

$$(2)\quad \frac{nx}{100} \times \frac{66}{100} + \frac{ny}{100} = 0,025.$$

Des deux équations on tire les valeurs de x et de y.

	Déviation.	Maltose p. 0/0.	Glucose p. 0/0.
Avant l'expérience. .	8° 20'	3 gr. 00	0 gr. 00
Après 24 heures. . .	4° 18'	1 gr. 27	0 gr. 74
Après 48 heures. . .	1° 30'	0 gr. 12	1 gr. 10
Après 72 heures. . .	44'	0 gr. 032	0 gr. 587

Une solution de sucre de canne à 3 gr. 28 p. 0/0 avait été placée dans le même temps sous une culture autant que possible égale à la précédente. Le liquide renferme :

Après 24 keures : sucre interverti 1 gr. 52 p. 0/0. Saccharose 0 gr. 45 p. 0/0.
Après 48 heures : — 1 gr. 26 — — 0

Ces deux expériences comparatives montrent que la consommation des deux sucres par l'Aspergillus se fait avec une vitesse à peu près égale. Mais le dédoublement du sucre de canne s'est fait plus rapidement que celui du maltose.

On pouvait supposer que le dédoublement du maltose avait été déterminé par la plante elle-même, et non par un ferment soluble sécrété par elle. Pour en décider on institue les deux expériences suivantes :

Exp. IV. — Dans une culture on remplace le liquide de Raulin par de l'eau distillée. Au bout de 24 heures de contact, on enlève cette eau, on en mélange 40 cent. c. avec 40 cent. c. de solution de maltose à 3 gr. p. 0/0. Température 32°.

Rotation primitive.	4° 8'
— après 24 heures.	3° 20'

A ce moment le liquide renfermait 0 gr. 59 de glucose et 0 gr. 96 de maltose. Le contact avec le mycélium n'est donc pas nécessaire pour que le dédoublement ait lieu.

Exp. V. — Trois thalles d'Aspergillus en fructifications sont enlevés, placés dans une capsule et recouverts avec de l'alcool à 90°. Au bout de une heure on enlève l'alcool et on triture le champignon avec du sable. On lave encore plusieurs fois avec de l'alcool, on jette sur un filtre, on exprime entre des feuilles de papier et on dessèche à 35°. Le produit est ensuite pulvérisé, La poudre mise à macérer dans l'eau donne un liquide foncé qui saccharifie rapidement l'amidon. On l'additionne d'alcool absolu. Il se précipite lentement une matière blanchâtre qui s'attache aux parois du vase. On décante au bout de 48 heures et on dissout le précipité dans 60 cent. c. d'eau.

A. 40 cent. c. sont additionnés de 40 cent. c. de solution de maltose à 2 gr. 60. Température 22°.

Rotation primitive.. . . .	3° 36'	Maltose p. 0/0	1 gr. 30	Glucose	0
— après 24 heures	2° 34'	—	0 gr. 68	—	0,63
— après 48 heures	2° 10'	—	0 gr. 40	—	0,925

B. 20 cent. c. sont additionnés de 20 cent. c. d'eau tenant en dissolution 0 gr. 50 centig. de sucre de canne. Température 22°.

Après 24 heures la solution renferme 1 gr. 30 de sucre interverti p. 100 cent. c. soit 0 gr. 52 pour les 40 cent. c. L'interversion est donc complète.

Voici une dernière expérience que l'on pourra rapprocher de celles que j'ai décrites.

Exp. VI. — On introduit sous une culture d'Aspergillus en fructification de l'eau distillée, après avoir siphoné le liquide de culture. Au bout de 12 heures on enlève cette eau qu'on partage en deux parties A et B.

A. On mélange 40 cent. c. de cette eau et 40 cent. c. d'une solution de maltose à 3 gr. 75 p. 0/0.

Rotation après le mélange.	5° 10'
— au bout de 24 heures (t^re 32°).	4° 14'

Quantité de solution nécessaire pour décolorer 5 cent. c. de liqueur de Fehling : 1 cent. c. 8; — ce qui conduit aux chiffres suivants :

Durée du contact	0 h.	maltose p. 0/0	1 gr. 87	Glucose	0
—	24 h.	—	1 gr. 34	—	0,52

B. Le Liquide B est d'abord filtré à l'appareil à tuyau de pipe. On mélange ensuite 40 cent. c. du liquide filtré et 40 cent. c. de solution de maltose à 3 gr. 75 p. 0/0.

Rotation au bout de 24 heures à 32°.	4° 40'
Quantité de solution nécessaire pour décolorer 5 cc. de Fehling. .	1 cc. 9
Maltose pour 0/0.	1 gr. 58
Glucose —	0,28

On voit qu'ici encore la filtration à travers une terre poreuse a affaibli l'énergie du ferment.

Penicillium glaucum. — Ce champignon qui appartient à la même famille que l'Aspergillus niger est encore plus commun que lui. Il se cultive tout aussi facilement sur le liquide de Raulin et présente au point de vue des études physiologiques les mêmes avantages.

Exp. VII. — Sous une culture de Penicillium on introduit, après enlèvement du liquide de Raulin, une solution de maltose à 2 gr. 6 p. 0/0. Température : 22°.

Rotation primitive.	7° 14'
— après 24 heures.	2° 30'
Pour 5 cc. de liqueur cuivrique. . .	3 cc. 59

On tire de là que la solution sucrée renferme après 24 heures 0 gr. 85 de maltose et 0 gr. 14 de glucose.

Exp. VIII. — Elle correspond à l'expérience IV. On remplace dans une cul-

ture de Penicillium le liquide nutritif par de l'eau distillée. Au bout de 12 heures, on enlève cette eau et on la mélange avec volume égal d'une solution de maltose et on porte dans une étuve réglée à 32°.

Rotation primitive de mélange.. . . .	5° 18'
— après 24 heures.	4° 28'
— — 48 —	3° 52'

A la 48ᵉ heure, pour 5 c. c. de liq. cuivrique il faut 1 cent. c. 68 de solution sucrée. Celle-ci renferme donc 1 gr. 10 de maltose et 0 gr. 77 de glucose p. 0/0.

Exp. IX. — Plusieurs cultures de Penicillium sont traitées comme dans l'expérience V pour séparer le mélange de ferments produits par la plante. On obtient un rendement extrêmement faible. Néanmoins on dissout le précipité alcoolique dans l'eau et on divise la solution aqueuse en trois parties.

A l'une on ajoute une solution assez concentrée de maltose. En 24 heures la température étant de 32°, la rotation qui était de 14° 20', a diminué seulement de 8'.

A la deuxième, on ajoute de l'empois d'amidon. Après 48 heures de contact l'acide donnait encore une coloration acajou.

Enfin à la troisième, on ajoute du sucre de canne ; en 24 heures l'interversion est complète.

Nous avons encore là une preuve que ce n'est pas l'invertine qui dédouble le maltose, puisque l'action sur le dernier sucre a été à peine sensible, tandis que le sucre de canne a été rapidement dédoublé. Remarquons en même temps que l'empois n'a été que faiblement saccharifié. L'action exercée sur le maltose et l'action exercée sur l'empois se ressemblent singulièrement comme puissance, de telle sorte qu'on peut sopposer qu'elles sont dues au même ferment.

Mucor mucedo. — Les mucor sont des champignons appartenant à un autre ordre que les précédents. Ils appartiennent à l'ordre des Oomycètes, ainsi appelés en raison de la propriété que ces végétaux ont de former des œufs. L'œuf est le point de départ d'une génération à sporanges et les sporanges présentent des caractères très variés, sur lesquels on s'appuie pour la distinction des genres et même des espèces. Le *Mucor mucedo* se distingue des autres mucor par ce fait que les filaments qui portent les sporanges sont simples si souvent très longs. Le sporange termine ce support.

Pour me procurer ce champignon, j'ai eu recours au procédé suivant :

On met du crotin de cheval dans un cristallisoir. On place celui-ci dans un deuxième cristallisoir, d'un diamètre un peu plus grand. Dans l'espace compris entre les deux cristallisoirs

on verse de l'eau. On couvre le tout avec un disque de verre, en ayant soin d'interposer un morceau de carton, afin de ménager une communication avec l'athmosphère. On a ainsi un milieu à peu près saturé d'humidité. A la température de 20°, on voit bientôt apparaître de longs filaments blancs pouvant atteindre et même dépasser 10 centimètres. Chacun d'eux ne tarde pas à présenter un sporange à son extrémité.

D'après Gayon, le *Mucor mucedo* ne produit pas d'invertine et par conséquent ne peut végéter dans le sucre candi pur. Fitz avait avancé antérieurement le contraire. L'expérience suivante donne raison au premier de ces deux observateurs.

Exp. X. — Dans deux ballons Pasteur, on introduit 100 cent. c. de solution de sucre de canne à 10 gr. de sucre pur p. 0/0. On porte ces deux ballons à 100° pendant vingt minutes environ, puis on laisse refroidir à l'abri des germes de l'air.

On introduit dans chacun d'eux un sporange mûr de mucor. Au bout de 48 heures il n'y avait pas apparence de germination. Dans l'un des ballons on ajoute alors un peu d'invertine et deux jours après le liquide était parcouru en tous sens par le mycelium, tandis que l'autre ballon était comme au premier jour.

Il suit de là que la spore du mucor mucedo ne renferme pas d'invertine et ne peut germer dans une solution de sucre de canne pur.

Exp. XI. — Dans un ballon Pasteur contenant une solution de maltose à 10 gr. p. 0/0 traitée comme ci-dessus, on introduit un sporange de mucor. Les spores germent rapidement, et en deux jours le liquide est entièrement envahi par le mycelium. Le champignon n'a cependant pas donné de fructifications même après 8 jours.

Quoi qu'il en soit, ces expériences démontrent que les spores de mucor mucedo ne germent pas dans une solution de saccharose pur, et qu'elles germent dans une solution de maltose.

Si donc le maltose doit être dédoublé par la plante avant d'être consommé, ce dédoublement ne peut être le fait de l'invertine, puisque le saccharose n'est pas dédoublé et ne convient à la germination qu'autant qu'on a ajouté de l'invertine à la solution.

§ 5. — Fermentation alcoolique et lactique du maltose.

On a vu plus haut (p. 180) que l'invertine est sans action sur le maltose. Cependant une solution de maltose fermente rapidement en présence de la levûre de bière. On se trouve donc en présence de cette alternative : ou bien le maltose subit la fer-

mentation alcoolique, sans passer au préalable par l'état de glucose, ou bien si le dédoublement a lieu, c'est la levûre elle-même et non un ferment sécrété par elle qui le détermine.

Lorsqu'on met de la levûre de bière dans une solution de sucre de canne, il n'y a fermentation qu'à partir du moment où la solution renferme du sucre interverti. A vrai dire, la fermentation commence immédiatement, parce que l'interversion commence aussi immédiatement. Les deux phénomènes, fermentation et interversion, se poursuivent d'ailleurs simultanément, le dernier beaucoup plus rapidement que l'autre. Il en résulte que la quantité de sucre interverti va en augmentant, du moins tant qu'il y a du sucre de canne dans la solution. Cette augmentation est révélée par ce fait que le liquide qui primitivement ne réduisait pas la liqueur de Fehling en réduit une quantité de plus en plus grande, autrement dit que le volume de solution sucrée nécessaire pour réduire un même volume de liqueur cuivrique diminue à chaque essai successif. Si le maltose est dédoublé par la levûre et si le dédoublement est plus rapide que la fermentation du glucose produit, le même phénomène doit se présenter avec ce sucre puisque le pouvoir réducteur du glucose est plus grand que le pouvoir réducteur du maltose.

Pour examiner la question il n'y avait donc qu'à faire fermenter une solution de maltose, et à chercher à des intervalles assez rapprochés ce qu'il fallait de cette solution en fermentation, pour réduire un volume déterminé de liqueur de Fehling : 10 cent. c. par exemple.

Les tableaux suivants donnent les états successifs de deux fermentations, l'une de sucre de canne à 0 gr. 50 p. 0/0, l'autre de maltose à 0 gr. 50 p. 0/0. La liqueur de Fehling employée était titrée de telle sorte que 10 cent. c. étaient réduits par 0 gr. 0526 de glucose ou par 0 gr. 0792 de maltose. Même poids de levûre.

I. Fermentation du sucre de canne 0 gr. 50 p. 0/0.

Durée de la fermentation.	Quantité de solution sucrée nécessaire pour réduire 10 cc.
0..	pas de réduction.
20 minutes.	27 cc. 5
60 —	14 cc. 6
1 heure 1/2.	11 cc. 9
2 heures.	11 cc. 9
19 —	33 cc. 8

II. fermentation du maltose : 0 gr. 50 p. 0/0.

Durée de la fermentation.	Quantité de solution sucrée nécessaire pour réduire 10 cc.
0.	16 cc. 0
20'.	16 cc. 8
1 heure.	17 cc. 7
2 heures.	20 cc. 0
19 —	48 cc. 0

On voit que pour le maltose les chiffres de la deuxième colonne vont constamment en augmentant, ce qui indique que s'il y a dédoublement préalable du maltose, ce dédoublement n'est pas sensiblement plus rapide que la fermentation des produits dédoublés, puisque le pouvoir réducteur de la liqueur va sans cesse en diminuant.

D'ailleurs on a constaté dans divers essais particuliers que le sucre non fermenté était du maltose sans mélange de glucose.

Mais on peut admettre que le dédoublement a poutant lieu et qu'il suffit exactement à la fermentation, dans lequel cas l'expérience qui précède n'apporte aucun éclaircissement. Je reviendrai tout à l'heure sur ce point, après avoir exposé ce qui se passe avec le ferment lactique :

On trouvera dans une note publiée antérieurement les détails relatifs à l'étude de la fermentation lactique du maltose (1). Je ne donnerai ici que les résultats.

La solution sucrée soumise à la fermentation renfermait 10 gr. p. 0/0 de maltose simplement séché à l'air. L'analyse faite chaque jour comprenait deux essais à la liqueur de Fehling; l'un effectué directement sur la solution, l'autre effectué sur cette même solution après transformation par l'acide sulfurique étendu. Le premier donnait (5 centim. c. de la liqueur cuivrique étant réduits par 0 gr. 0396 de maltose anhydre) un chiffre pouvant exprimer provisoirement le maltose restant dans la liqueur, le deuxième la quantité de sucre restant transformé totalement en glucose. En comparant les deux chiffres ou plus simplement les quantités de solution sucrée étendue, qu'il fallait ajouter dans chacun de ces cas pour réduire entièrement 5 cent. c. de liqueur de Fehling, on pouvait voir si le sucre restant était tout

(1) Sur le non dédoublement préalable du saccharose et du maltose dans leur fermentation lactique par M. Em. Bourquelot. *Journal de Pharm. et de Chimie*, t. VIII, 5e série, p. 420. 1883.

entier à l'état de maltose, où si celui-ci avait été en partie ou en totalité transformé en glucose.

La première colonne du tableau suivant représente l'âge de la fermention ; la deuxième donne le nombre de dixièmes de centim. c. de liqueur sucrée étendue (20 p. 500) qu'il a fallu ajouter à 5 cent. c. de liqueur de Fehling pour en amener la réduction.

Dans la troisième se trouvent les poids de sucre restant dans 100 cent. c. de liquide, poids exprimé en maltose. Dans la quatrième sont les chiffres théoriques de dixièmes de cent. c. de la solution étendue (20 p. 500) dans laquelle le maltose supposé dans la troisième colonne serait transformé en glucose, calculés comme devant être nécessaires pour réduire 5 cent. c. de liqueur cuivrique.

Enfin dans la cinquième sont les nombres de dixièmes de cent. c. trouvés après traitement par l'acide SO^3 dilué.

	Divis. de la burette.	Maltose 0/0.	Chiffres théoriques.	Chiffres trouvés.
1 jour.	130	7.61	82	86
2 —	150	6.60	94	99
3 —	162	6,11	102	106
4 —	194	5.10	122	120
6 —	208	3.69	169	166

On voit que les chiffres des deux dernières colonnes sont très rapprochés.

La différence paraît devoir être attribuée aux erreurs d'analyse, en sorte qu'on doit conclure que le sucre restant même après six jours de fermentation est encore du maltose.

On retrouve donc avec le ferment lactique ce qu'on a constaté avec le ferment alcoolique.

Résumé. — Conclusions.

Rappelons brièvement les résultats observés dans le cours de ce travail. Aussi bien cela est-il nécessaire, en raison du nombre et de la diversité des expériences qui ont été faites.

D'une part on a vu que le maltose est dédoublé dans l'intestin. Ce dédoublement est déterminé par un ferment soluble et non par des microorganismes, puisqu'il est plus rapide lorsque l'animal est en digestion que lorsqu'il est à jeun, et aussi puisque les microorganismes de l'intestin ensemencés dans une solution nutritive renfermant du maltose ne dédoublent pas celui-ci.

Ce ferment soluble n'est pas l'invertine, bien que celle-ci soit

également présente dans l'intestin. Des recherches directes l'ont démontré, et j'ai eu plusieurs fois l'occasion d'insister sur des faits venant à l'appui de cette assertion. Il est présent parmi les ferments que sécrètent l'Aspergillus niger et le Penicillium glaucum en pleine végétation; et il a pu être séparé par les procédés ordinaires de préparation des ferments solubles.

Ce ferment est partiellement, et quelquefois presque totalement arrêté par les filtres en terre poreuse, comme la diastase. Dans certains cas on a pu remarquer qu'une solution active à l'égard du maltose mais n'exerçant sur ce sucre qu'une faible action, agissait également, et tout aussi faiblement sur l'empois d'amidon, fait justifiant cette opinion que le ferment dédoublant le maltose est la diastase elle-même.

Mais si De Méring a constaté le dédoublement du maltose par la diastase, dédoublement d'ailleurs très faible; j'ai toujours eu de ce côté des résultats négatifs ou à peu près négatifs.

D'autre part, le maltose injecté dans le sang est consommé comme le glucose; et s'il en a été injecté un excès, le sucre qu'on retrouve dans l'urine est du maltose sans trace sensible de glucose, en sorte qu'on ne peut pas dire que la première phase de la destruction de ce sucre soit son dédoublement en glucose.

Il en est de même dans la fermentation alcoolique et dans la fermentation lactique du maltose; ce sucre est détruit sans qu'on puisse saisir une phase de dédoublement.

Nous trouvons quelque chose d'analogue dans la disparition du glycogène des muscles. « Sur l'animal vivant, dit Cl. Bernard (1) dans les circonstances où on voit la matière glycogène du muscle diminuer et même disparaître, on ne voit jamais le glycogène se transformer en sucre. La matière glycogène subit la fermentation lactique. Mais dira-t-on, dans la fermentation lactique du glycogène des muscles, l'une des phases de la transformation doit être représentée par la matière sucrée. Cela est probable d'après ce que nous savons de par la chimie. Mais cette phase est si rapide qu'on ne peut saisir cet état de passage. »

Ces considérations sont applicables en tous points au maltose. Mais si le dédoublement a lieu, il faut admettre, comme je l'ai déjà dit à la page 192 que le glucose formé est détruit au fur et à mesure de sa formation.

(1) Leçons sur le diabète, p. 428-430.

Bornons-nous à examiner la fermentation alcoolique. Une première supposition qui se présente à l'esprit est que le ferment soluble reste à l'intérieur de la cellule de levûre puisqu'on n'en trouve pas dans l'eau de levûre.

Dumas (1) a fait une observation qui pouvait être utilisée pour étudier cette hypothèse. Il a remarqué qu'en plaçant de la levûre dans certaines solutions, on lui communique une sorte d'albuminurie. Il se produit un courant exosmotique considérable, et l'eau de levûre se coagule par la chaleur comme le fait une solution d'albumine. Ne trouverait-on pas dans cette eau le ferment du maltose?

Ne pouvant avoir recours au sel signalé par Dumas (tartrate neutre de potasse), dont la présence aurait empêché toute analyse, j'ai cherché dans différentes directions. J'ai trouvé qu'en laissant de la levûre, préalablement essorée, dans de l'eau chloroformée, celle-ci ne tarde pas à acquérir la propriété de donner un léger précipité floconneux par la chaleur, tandis que l'eau de levûre obtenue avec la même quantité de levûre et d'eau, mais sans chloroforme, ne précipite pas.

EXPÉRIENCE I. — J'ai essayé l'action de cette eau de levûre chloroformée sur le maltose, elle n'a déterminé aucun dédoublement.

Une deuxième hypothèse pouvait encore être émise, à savoir: que le dédoublement et la fermentation qui le suit immédiatement sont tous deux déterminés par le protoplasma vivant. Dans les circonstances ordinaires, le premier processus n'a pas de prépondérance sur l'autre, ce qui fait qu'on ne les distingue pas. Pour étudier cette hypothèse, il fallait trouver un moyen de ralentir ou de supprimer la deuxième phase. Les anesthésiques étaient indiqués.

EXP. II. — On ajoute à 100 cc. de solution de maltose 1 gr. de levûre et 25 gouttes de chloroforme, température 18°.

Rotation après le mélange.	+ 7° 22'
— 24 heures.	+ 7° 16'
— 2 jours.	+ 7° 14'
— 3 —	+ 7° 4'
— 8 —	+ 6° 32'

Comme il n'y a pas eu de fermentation et que le pouvoir rotatoire a diminué, il faut bien admettre qu'il y a eu dédouble-

(1) Recherches sur la fermentation alcoolique par M. Dumas, *Ann. de Chim. et des Phys.*, 5e série, t. III, p. 57. 1874.

ment partiel du maltose. En tout cas l'action a été très faible.

L'expérience suivante, conçue d'après des vues théoriques étrangères à la question que j'examine en ce moment, m'a conduit à des résultats beaucoup plus nets.

Exp. III. — Dans 100 cent. c. d'une solution sucrée renfermant 2 gr. de lévulose et 2 gr. de maltose, on ajoute 1 gr. de levûre et 20 gouttes de chloroforme.

	Rotation.	Quantité de solution sucrée au 1/10 nécessaire à la réduction de 5 cc. de Fehling.
Primitive.	+ 1° 34'	7 cc. 5
Après 3 heures. . .	+ 1° 26'	—
— 7 — . . .	+ 1° 4'	—
— 17 — . . .	+ 32'	7 cc. 0
— 26 — . . .	+ 12'	—
— 41 — . . .	— 12'	—
— 53 — . .	— 22'	—
— 68 — . . .	— 42'	—

La rotation du lévulose est représentée dans le mélange par — 4° ; celle du maltose par + 5° 34'. La rotation du lévulose ne pouvant changer, comme la différence a diminuée de 2° 16' en 68 heures, il faut bien admettre que le maltose a été dédoublé en glucose ; ce qui est d'ailleurs confirmé par ce fait que le pouvoir réducteur a augmenté.

Ainsi 1° l'eau de levûre fraîche ne renferme pas de ferment capable de dédoubler le maltose ; 2° en traitant la levûre de façon à faire sortir hors de la cellule certaines matières albuminoïdes, on obtient un liquide sans action sur le maltose ; 3° si dans une solution de maltose additionnée de la levûre, on se contente de supprimer la fermentation alcoolique sans tuer la levûre, on voit le maltose se dédoubler.

On pourrait conclure de là, et la conclusion paraîtrait inattaquable, que c'est la levûre, — son protoplasma — qui détermine ce dédoublement et non un ferment soluble. L'expérience suivante va nous montrer que ce n'est pas encore là la vérité.

Exp. IV. — 100 cent. c. de solution sucrée renfermant 1 gr. 95 de lévulose et 1 gr. 68 de maltose sont additionnés de 15 gouttes de chloroforme et de 1 gr. de levûre.

	Rotation.	Réduction de la liqueur de Fehling.
Primitive.	+ 48'	8 cent. 2
Après 2 jours.	+ 24'	—
— 4 —	+ 4'	—

A ce moment on filtre la totalité du mélange. Si le dédoublement est le fait de la levûre, il devra s'arrêter, puisqu'on enlève cette dernière.

Après 24 heures.. . .	— 10'	7 cent. 6

La rotation continuant à diminuer, c'est-à-dire le dédoublement se poursuivant; c'est bien un ferment soluble sécrété par la levûre qui détermine le dédoublement du maltose.

Comparons les conditions de l'exp. I, avec les conditions des expériences suivantes. Il n'y a de différence que dans ce fait que dans les dernières on a mis l'aliment à consommer, c'est-à-dire le maltose, en contact avec la levûre.

Dans le premier cas la levûre ne produisait que de l'invertine; dans le second, elle a donné naissance à un ferment capable de dédoubler le maltose. C'est l'aliment qui a déterminé le ferment soluble. C'est donc avec raison que Béchamp a dit : « que la fonction chimique d'un ferment (lisez : ferment figuré) peut changer corrélativement à l'espèce de matière fermentescible qu'on l'oblige de consommer (1). »

Il semble, bien qu'il y ait là apparence de cercle vicieux, que le ferment soluble tire son énergie spécifique de la matière qu'il doit faire fermenter.

N'y a-t-il pas lieu de faire rentrer dans cet ordre de faits ce qu'on connaît des sécrétions digestives chez les animaux, ce que j'ai observé en particulier si nettement chez les mollusques, à savoir que ces sucs ne sont actifs que lorsque l'ingestion des aliments a commencé.

En résumé, la levûre de bière en activité dans une solution de glucose ou de sucre de canne ne produit pas de ferment capable de dédoubler le maltose. Par contre, lorsqu'elle se trouve dans une solution de ce dernier sucre, elle sécrète un ferment qui le dédouble. Elle détermine la fermentation alcoolique du produit de ce dédoublement (glucose) au fur et à mesure de sa production, et c'est pour cela que l'analyse ne révèle pas la présence du glucose dans le liquide en fermentation. Vraisemblablement, il en est de même dans la fermentation lactique et dans la consommation du maltose injecté dans le sang.

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XIII, p. p. 103, 1867. La même idée a été développée à nouveau par Duclaux. Voir : *Microbiologie*, p. 196.

NERFS ÉJACULATEURS

Par Ch. RÉMY
Agrégé.

(Travail couronné par l'Institut. Prix de Physiologie. Monthyon, 1885.)

Chez le cochon d'Inde on trouve sur la veine cave inférieure au niveau de veines rénales, un petit ganglion plexiforme du volume d'une petite tête d'épingle, dont l'excitation électrique détermine très rapidement l'éjaculation.

Ce ganglion est facile à voir. Sa blancheur tranche sur la couleur rouge sombre de la veine. Il reçoit ses filets radiculaires du plexus rénal et des *rami communicantes* de la région. Il émet habituellement deux branches de couleur blanche qui, suivant un long trajet, descendent parallèlement à la colonne vértébrale vers les organes génitaux internes et sont placées dans le mésocolon (1).

Pour trouver le ganglion, il faut sectionner la paroi abdominale crucialement dans toute son étendue, rejeter à gauche tout le paquet intestinal, découvrir l'embouchure des veines rénales, et suivre les filets nerveux qui se dessinent sur la veine rénale droite. Pour trouver les filets efférents, il suffit de tendre le mésocolon ou méso-rectum qui s'insère presque en ligne droite du rein au bassin. On aperçoit par transparence ces petits nerfs blanchâtres accompagnés d'un peu de graisse.

Les effets de l'excitation sont ceux que je fis immédiatement connaître, mais ceux de la paralysie de ces nerfs ne sont pas moins intéressants.

Dans la séance de la Société de Biologie, du 19 juillet 1884, j'annonçai l'existence de nerfs éjaculateurs et joignant la démonstration à la parole, je répétai publiquement l'expérience avec succès. — Plus d'une année s'est écoulée depuis ce moment et je puis dire que dans les nombreuses tentatives que j'ai faites depuis lors, jamais l'effet prévu n'a manqué.

L'excitation électrique du ganglion où des rameaux efférents

(1) Voir la figure 1.

est suivie de l'émission du sperme, celle des racines du ganglion n'a pas d'effet.

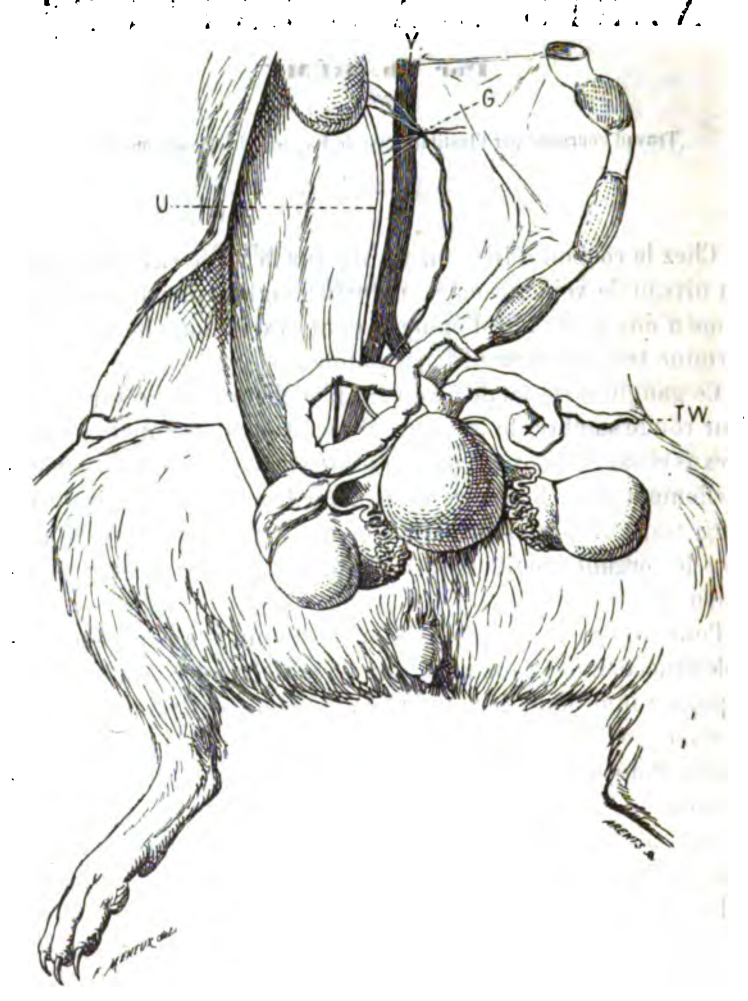


Fig. 1.— Montrant sur le Cobaye (grandeur naturelle), U, l'uretère, V, la veine cave inférieure G, le ganglion avec les rameaux afférents et efférents dans un repli du mesorectum, TW, tubes ébériens.

Aussitôt après l'application des électrodes on voit se produire une contraction énergique des *tubes wébériens* que l'on peut physiologiquement considérer comme les longues vésicules séminales de l'animal. Elles se tordent et se tortillent d'un mouvement vermiforme.

En même temps, l'extrémité des canaux déférents sur une étendue de deux centimètres, à partir de la vessie, se contracte énergiquement. Ces conduits couchés jusqu'alors sur les parties sous-jacentes se redressent brusquement. C'est bien par le fait d'une contraction vermiculaire, car on voit l'onde se propager sous les yeux. Mais cette contraction diffère par sa rapidité de ce qui se voit d'ordinaire dans les fibres lisses.

Puis il se produit un mouvement du côté de la verge et du périnée, l'animal a éjaculé dans son prépuce sans érection.

Nouvelle excitation, nouvelle émission de sperme; on peut ainsi recommencer un certain nombre de fois avec succès. Mais il faut mettre des intervalles de plus en plus éloignés entre les excitations, ou bien augmenter la puissance de l'excitant.

Il est remarquable que l'intervalle entre l'excitation et la contraction soit très court, bien qu'il s'agisse d'organes à fibres lisses, mais ce fait est sans doute en rapport avec la rapidité de leurs contractions que j'ai déjà signalée.

Quand les excitations ont été reproduites à plusieurs reprises, il survient des phénomènes plus compliqués. L'animal entre en érection, les mouvements des muscles du périnée deviennent plus prononcés et le gland se gonfle et se hérisse de papilles lors de l'émission spermatique, qui se fait cette fois par jets saccadés.

Le sperme est d'abord formé de bouchons muqueux épais, plus tard il devient plus liquide, mais on peut, dès la première éjaculation, constater des spermatozoïdes.

Le courant nerveux est centrifuge, après section des nerfs on constate que c'est le bout périphérique seulement qui donne des résultats, le bout central est sans action.

Quand le ganglion ou les nerfs non sectionnés ont été excités quelque temps, il suffit de toucher la verge avec un corps étranger pour déterminer l'éjaculation, on peut supprimer le courant électrique. Le courant nerveux suit alors la voie réflexe, parti par le nerf honteux interne, il passe dans la moelle, revient au ganglion et au nerf éjaculateur.

La vessie et le rectum ne sont pas influencés dans ces expériences.

Les excitations déterminent presque toujours de la douleur

sitôt qu'elles sont un peu fortes, mais l'éjaculation n'en est pas troublée (1).

Ayant démontré ce que donnait l'excitation des nerfs éjaculateurs j'ai cherché depuis ce qu'amène leur destruction. (Note sur les effets de la Résection des nerfs éjaculateurs. 7 nov. 1885. Compte Rendu. Soc. Biologie.)

Pour en faire la résection, il suffit de pratiquer à la paroi abdominale, une incision de quatre centimètres sur la ligne blanche. On recherche ensuite avec les doigts le rectum, qui donne avec les crottes qu'il contient, la sensation d'un chapelet. En le tirant au dehors et en regardant son mésentère par transparence, on aperçoit les nerfs en question.

Sur plusieurs mâles bien développés, j'ai donc réséqué un fragment desdits nerfs, assez long pour empêcher à jamais le rétablissement du courant nerveux, après la guérison j'ai observé les modifications survenues dans les fonctions génitales.

Ces animaux mis en présence de femelles manifestent très nettement la persistance de leurs appétits sexuels. Ils poursuivent la femelle, la lèchent, se montre jaloux et batailleurs, mais sont incapables d'en arriver à la copulation. La verge reste flasque, sans érection. L'animal essaie en vain de réveiller ses organes en les frottant contre le sol, l'érection n'arrive même plus après provocation. Pendant ces manœuvres il s'écoule du liquide par la verge, j'avais cru à du sperme, ce n'est que de l'urine.

Trois mois après l'opération, un de ces impuissants devint malade, maigrit et je le sacrifiai.

La paralysie de ces nerfs épujaculateurs avait produit des effets vraiment extraordinaires. On peut dire que l'animal avait le ventre rempli par la dilatation de divers canaux et réservoirs servant à l'éjaculation (tubes wébériens et canaux déférents).

Les tubes wébériens qui fournissent la plus grande partie du sperme d'émission avaient quintuplé de volume. Ayant chacun le volume du petit doigt, ils forment par leur réunion une tumeur

(1) J'ai appris par l'article sympathique de M. F. Franck, qu'un auteur allemand du nom de Loeb, avait en 1866, à Giessen, présenté une thèse intitulée : Contribution à l'étude des mouvements des canaux spermatiques et des vésicules séminales. Cet auteur aurait signalé l'action éjaculatrice des filets nerveux venant du ganglion mésentérique inférieur, mais je ne puis parler de ce travail en parfaite connaissance de cause, car je n'ai pu me procurer ni l'original, ni le compte rendu fait dans *Henle und Meissners' Bericht*. Phys. 1866.

du volume du pouce, on les aurait cru injectés artificiellement de liquide clair et transparent. Ils avaient la résistance de kystes distendus. Les canaux déférents du volume d'une plume d'oie laissaient voir dans leur intérieur la collection du sperme sous forme de colonne blanchâtre.



FIG. 2. — Organes génitaux d'un Cobaye après résection des nerfs éjaculateurs (grandeur naturelle). TW, tubes wébériens, T, testicules et canaux déférents, V, vessie, P, pénis, G, glandes.

Je ne saurais dire dans quelle mesure cette sorte de tumeur intra-abdominale, avait troublé la santé de mon sujet en expérience, car il avait en outre présenté sur la fin de sa vie une maladie de peau, mais sûrement elle n'a pas été sans influence.

Si l'on rapproche ces expériences des premières que j'ai citées plus haut, on voit que dans le cas d'excitation, l'éjaculation a été suivie d'érection et que dans le cas de paralysie, l'éjaculation et l'érection ont été supprimées.

J'ai nommé ces nerfs « éjaculateurs », parce que le premier effet de leur excitation, est de vider les vésicules séminales et de provoquer des mouvements du périnée.

Ce n'est que plus tard, par suite du passage du sperme dans le canal, que se produit l'érection. Elle n'est jamais un phénomène de début dans ces expériences. Elle succède à plusieurs excitations intra-canaliculaires du sperme.

On remarque dans ces expériences que l'érection est nécessaire au bon accomplissement de l'éjaculation, sans elle il n'y a qu'une émission de sperme sans jet et sans force.

Les nerfs de l'éjaculation et ceux de l'érection sont dans un rapport étroit. — Je ne veux cependant pas les confondre avec les nerfs érecteurs de Eckhardt, qui n'ont produit que l'érection et je crois pouvoir persister dans la dénomination d'éjaculateurs que je leur ai donnée.

Par la résection du nerf, on constate enfin que les nerfs éjaculateurs n'ont aucune influence sur la sécrétion des diverses parties constituantes du sperme, puisque celles-ci peuvent s'accumuler en si grande quantité dans leurs réservoirs.

ANALYSES ET EXTRAITS

DE TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Laguesse (G.-E.). — ***Recherches sur le développement embryonnaire des voies aériennes.*** **(Thèse pour le doctorat en médecine, Paris.)**

Ce travail, fait presque tout entier au laboratoire d'histologie zoologique de M. le professeur Pouchet, avait pour but principal d'étudier l'origine de l'épithélium à cils vibratiles. L'auteur a cherché à suivre les principales modifications de cet épithélium, surtout dans les fosses nasales, depuis les premières phases du développement jusqu'à la naissance, chez l'embryon de mouton. Le feuillet externe invaginé qui tapisse ces organes, est d'abord constitué par plusieurs couches de petites cellules rondes ou prismatiques, granuleuses, à contours peu distincts. Peu à peu, les éléments augmentent de volume, s'allongent, et l'on se trouve en présence d'un épithélium cylindrique stratifié, mais encore dépourvu de cils. A la partie profonde, se différencie une couche génératrice ou de renouvellement, à petites cellules granuleuses, à nombreux noyaux doubles ou en voie de division. En avançant vers la surface, les cellules tendent à la transformation muqueuse; des gouttelettes liquides s'accumulent dans leur protplaasma, et arrivent à le refouler contre la paroi et aux extrémités de l'élément qui devient complètement vésiculeux; en même temps la membrane s'épaissit. Les éléments les plus superficiels finissent par faire saillie à la surface, ou à être comprimés entre les voisins; leur noyau s'atrophie, leur membrane se rompt, et le contenu liquide s'épanche à la surface sous forme d'un nuage granulé analogue au bouchon de mucus des cellules caliciformes; ce liquide donne d'ailleurs la réaction caractéristique de la mucine par l'acide acétique. A cette période de la vie embryonnaire, toute la surface de la muqueuse est sécrétante; cette première tendance ne doit jamais disparaître complètement, les cellules caliciformes de l'adulte en font foi et ne sont que les descendantes de ce premier revêtement; dans les cas d'irritation catharrale, le retour à l'état embryonnaire se manifeste d'abord par l'invasion des cellules par le mucus.—Vers le second quart de la vie intra-utérine, alors que cette membrane épithéliale a atteint son complet développement, on voit des cellules de la couche profonde, comparables dans une certaine mesure à des Amibes, envoyer jusqu'à la surface de longs prolongements protoplasmiques qui s'y épanouissent en bouton et se couvrent de cils, d'abord très fins et très courts, mais isolés dès l'origine. La cellule se diviserait alors, une partie restant dans la couche profonde, et l'autre dans la superficielle, où elle forme une cellule cylindrique ciliée. Le processus se généralisant, les cellules à cils deviennent prédominantes, les éléments muqueux cessent de se former et ont disparu presque complètement à la naissance.

En suivant ces phénomènes dans toute l'étendue des voies aériennes, on retrouve partout le même mode de développement. Jusque dans les bronches terminales, l'épithélium est d'abord stratifié et subit plus ou moins la transformation muqueuse. — Le revêtement pavimenteux des cordes est dû à la persistance de l'épithélium polyédrique primitif, qui s'aplatit peu à peu et subit en partie la transformation cornée. Sur les cordes vocales supérieures de l'homme, la poussée des cellules cilicées a lieu chez l'embryon ; c'est seulement après la naissance que les couches supérieures redeviennent pavimenteuses.

Si l'on rapproche ces faits de ceux étudiés par MM. Tourneux et Legay à propos du développement de l'utérus, on en tirera cette conclusion générale que les épithéliums ciliés des muqueuses paraissent devoir être toujours secondaires et précédés par un épithélium cylindrique ou polyédrique stratifié.

Le Propriétaire-gérant,
FÉLIX ALCAN.

Saint-Denis. — Imprimerie Ch. Lambert, 17, rue de Paris.

NOUVELLE MÉTHODE DIRECTE

POUR

L'ÉTUDE DE LA CHALEUR ANIMALE

Par M.-V. DESPLATS [1].

Les phénomènes chimiques de la respiration et la calorification qui en est la conséquence, ont attiré l'attention d'un grand nombre de physiologistes et de physiciens.

Les uns, comme Lavoisier, Dulong et Despretz, en étudiant en même temps les altérations chimiques de l'air dans l'acte de la respiration et la chaleur produite par les animaux, ont eu surtout pour but de rechercher les sources de la chaleur animale; d'autres, comme Regnault et Reiset se sont uniquement occupés des altérations que les divers animaux font subir à l'air dans lequel ils séjournent.

Les appareils employés par ces divers physiciens pour ce genre d'expériences sont très compliqués et très coûteux; ils exigent une manipulation longue et difficile; j'ai donc pensé qu'il y aurait quelque avantage à posséder un appareil plus simple, plus facile à manier, pouvant se prêter à un grand nombre de recherches physiologiques et permettant de déterminer à la fois, comme l'a fait Despretz, la chaleur rayonnée, l'acide carbonique exhalé et l'oxygène absorbé, soit à l'état normal, soit à l'état pathologique. La méthode employée dans ce travail est celle du calorimètre à eau, la même que celle qui a servi à Berthelot pour mesurer les quantités de chaleur dégagées ou absorbées dans les actions chimiques.

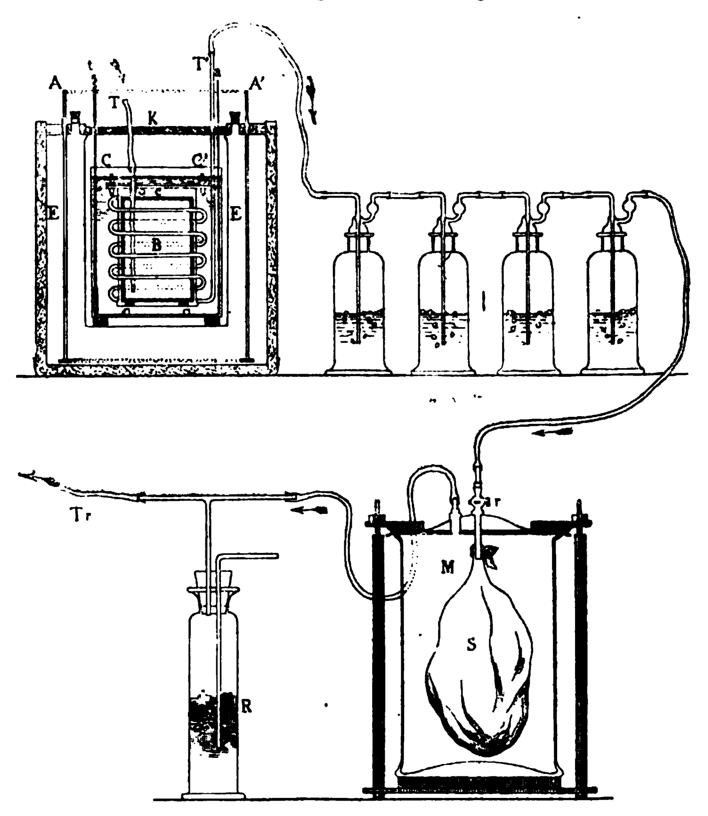
DESCRIPTION DE L'APPAREIL.

Mon appareil représenté par la figure ci-contre se compose de trois parties : 1° une boîte métallique dans laquelle on place l'animal en expérience; 2° un calorimètre à eau analogue à celui de

(1) Travail du laboratoire de Physiologie générale au Muséum, professeur M. Rouget.

Berthelot; 3° un appareil destiné à recueillir et à doser les gaz expirés.

1° La boîte *B* en cuivre rouge très mince peut être fermée her-



B. boîte métallique dans laquelle est placé l'animal.
c couvercle de la boîte.
T, *T'* tubes pour l'entrée et la sortie de l'air.
C C' calorimètre à eau.
t thermomètre calorimétrique.
a agitateur.
E E' double enceinte en fer-blanc rempli d'eau.
A A' son agitateur.
K couvercle en bois de tout l'appareil.
S sac en caoutchouc.
M cylindre cuve.
r robinet.
R régulateur d'aspiration.
Tr tube communiquant avec la trompe.

métiquement par l'intermédiaire d'un couvercle de même métal que l'on fixe au moyen d'une rondelle de caoutchouc interposée et de vis de pression; dans l'intérieur de la boîte se trouve

une cage très légère de bois qui sépare l'animal du métal et empêche son refroidissement par simple contact. Le couvercle porte deux tubes servant, l'un *T* au passage de l'air nécessaire à la respiration de l'animal, l'autre *T'* à la sortie de l'air expiré et de l'air entraîné; ce dernier tube enroulé extérieurement autour de la boîte plonge dans l'eau du calorimètre, ce qui permet aux gaz expirés d'abandonner avant leur sortie toute la chaleur dégagée par l'animal; le tout est supporté par trois petits pieds de verre.

Le poids de la boîte et de son couvercle est de 798 gr. 68; son évaluation en eau est 75 gr. 87.

2° Le calorimètre à eau *CC'* construit par Golaz se compose d'un cylindre de cuivre rouge très mince et d'un agitateur *a* formé d'un fil de cuivre vertical, replié horizontalement et élargi en palette à son extrémité.

Le poids du calorimètre et de l'agitateur est de 265 gr. 85; son évaluation en eau est de 25 gr.

Le calorimètre repose sur un petit triangle de bois au centre d'une enceinte à eau *EE'* identique à celle de l'appareil calorimétrique de Berthelot : c'est un cylindre de fer-blanc à doubles parois rempli d'eau et recouvert extérieurement d'un feutre très épais qui le protège du rayonnement extérieur; un agitateur circulaire *AA'* permet de remuer l'eau de temps en temps pour y établir l'uniformité de température.

Enfin, le tout est fermé par un grand couvercle de bois *K* percé de trous convenables pour laisser passer les tubes et la tige *t* du thermomètre calorimétrique.

Cette disposition met le calorimètre à l'abri de toutes les influences extérieures et le maintient dans des conditions constantes pendant toute la durée d'une expérience, comme il est facile de s'en assurer préalablement.

3° L'appareil destiné à recueillir les gaz expirés comprend : un barboteur à acide sulfurique pour arrêter la vapeur d'eau entraînée, deux barboteurs à potasse pour absorber l'acide carbonique, enfin un barboteur à acide pour absorber l'eau provenant de la solution alcaline.

L'air après avoir traversé la boîte dans laquelle se trouve l'animal en expérience et les quatre flacons de Durand se rend dans un sac de caoutchouc *S* muni d'un robinet qui peut contenir 10 litres d'air environ. Pour obtenir l'aspiration des gaz,

on introduit le sac dans un grand cylindre de verre ou de métal *M* qui est fermé par un couvercle métallique assujetti avec des tringles de fer verticales, des vis et une rondelle de caoutchouc; le couvercle porte deux ajutages dont l'un reçoit le col du sac tandis que l'autre est uni au tuyau d'aspiration d'une trompe de Golaz. Après avoir enlevé complètement l'air du sac, on fait un vide partiel dans le cylindre en produisant une diminution constante de pression à l'aide d'un régulateur d'aspiration *R* : à cet effet une éprouvette à pied contenant du mercure est fermée par un bouchon de caoutchouc à deux trous traversés par deux tubes de verre dont l'un est uni par un tube de caoutchouc avec un tube en T fixé sur le tuyau d'aspiration de la trompe, tandis que le second tube est droit et peut être immergé plus ou moins dans le mercure. La trompe aspirant un volume d'air plus grand que celui qui pénètre dans le ballon, l'air extérieur rentre constamment bulle à bulle à travers le mercure et maintient une diminution de pression constante dans le cylindre; en tournant convenablement le robinet du sac on obtient ainsi un barbotage très régulier : cette disposition qui permet de recueillir facilement et de conserver les gaz qui ont traversé le calorimètre et les barboteurs est due à Gréhant.

Pour mesurer le volume d'air qui a pénétré dans le sac de caoutchouc, on ferme le robinet et on le met en communication par un tube de caoutchouc avec une cloche graduée remplie d'eau et munie aussi d'un robinet; en ouvrant les deux robinets, le gaz passe du sac dans la cloche où l'on mesure son volume. L'analyse eudiométrique faite sur l'eau du gaz dépouillé d'acide carbonique donne la proportion d'oxygène, ce qui permet de calculer le poids d'oxygène absorbé ; deux analyses eudiométriques faites successivement donnent des résultats identiques ou qui diffèrent seulement d'un dixième ; on trouvera, par exemple, 17,4 ou 17,5 pour la proportion centésimale de l'oxygène.

Manipulation. — Avant de faire une expérience, il importe essentiellement de mettre, plusieurs jours à l'avance, le calorimètre avec son eau ainsi que la boîte au centre de l'enceinte à doubles parois, afin que toutes les pièces soient en équilibre de température avec le milieu ambiant : de cette manière, on peut affirmer que les variations thermiques de l'eau calorimétrique peuvent être considérées comme uniquement dues au rayonne-

ment calorifique de l'animal : on peut s'en assurer en faisant une expérience *à blanc*, c'est-à-dire sans mettre l'animal ; le thermomètre ne varie pas sensiblement d'un cinquantième de degré au bout d'une heure, quoique la boîte soit traversée par un courant d'air.

Ces conditions étant remplies, on introduit l'animal dans la boîte que l'on ferme hermétiquement ; puis on établit le courant d'air au moyen de la trompe.

On peut faire durer l'expérience une heure ou une demi-heure ; il est bon de ne pas trop la prolonger afin d'éviter le refroidissement de l'animal ; il faut aussi pour éviter cette cause d'erreur que l'eau du calorimètre ne soit pas à une température inférieure à 10°.

En notant la température de l'eau au commencement et à la fin de l'expérience, la différence multipliée par le poids de l'eau du calorimètre augmenté de l'évaluation en eau du vase, de la boîte et du thermomètre, donne en calories la chaleur dégagée par l'animal.

L'augmentation de poids des flacons à potasse et du flacon contenant de l'acide sulfurique donne l'acide carbonique exhalé, enfin, par l'analyse eudiométrique on évalue l'oxygène absorbé.

La méthode calorimétrique que je viens de décrire supprime toutes les causes d'erreur ; en effet, l'animal ne se refroidit pas sensiblement dans le cours de l'expérience comme on peut le constater en prenant sa température avant et après ; en outre, il est placé dans un milieu gazeux qui se renouvelle d'une manière continue, ce qui permet de le considérer comme respirant à l'air libre.

Expériences normales.

Les dimensions de l'appareil que je viens de décrire ne permettant que d'opérer sur de petits animaux tels que Rats albinos, Cochons d'Inde, petits Oiseaux, je me suis d'abord attaché à étudier chez ces divers animaux la respiration normale ; le tableau suivant contient les résultats qui ont été obtenus sur des Rats albinos dans des expériences qui ont duré une heure ; j'ai calculé ensuite le nombre de calories et les poids d'acide carbonique exhalé et d'oxigène absorbé par heure et par kilogramme de poids d'animal.

TABLEAU I.

Expériences sur les Rats, à l'état normal.

Numéros des expér.	Poids de l'animal.	Calories dégagées.	CO^2 exhalé.	O absorbé.	Par kilogr. et par heure. calories.	CO^2.	O.
	gr.				c.	gr.	gr.
1	89,3	1,5	0,34	0,23	13,4	3,8	2,6
2	105	1,4	0,3	0,25	13,3	2,85	2,38
3	105	1,2	0,28	0,26	11,5	2,66	2,05
4	109	1,4	0,38	0,29	12,8	3,5	2,6
5	112,7	1,45	0,3	0,226	12,8	2,66	2
6	125	1,45	0,4	0,36	11,6	3,2	2,88
7	150	1,45	0,36	0,26	9,6	2,4	1,73
8	168	1,88	0,6	0,514	11,1	3,6	3
9	172	1,8	0,5	0,4	10,4	2,9	2,3

TABLEAU II.

Expériences faites sur des Cobayes jeunes, à l'état normal.

Numéros des expériences.	Poids de l'animal.	Par kilogramme et par heure. Calories.	CO^2.	O.
	gr.	c.	gr.	
1	66	16	3,3	2,8
2	74	15,2	3,25	2,7
3	86	14	3,25	2,6
4	94	13,4	3,2	2,6
5	97	14	3	2,64
6	105	11,5	3,2	2,2

TABLEAU III.

Expériences faites sur les Oiseaux, à l'état normal.

Durée de chaque expérience : 1 heure.

Nom de l'oiseau.	Numéros des expér.	Poids.	Calories dégagées.	CO^2 exhalé.	O. absorbé.	Par kilogramme et par heure. Calories.	CO^2.	O.
		gr.	c.	gr.				
Verdier. .	1	21	0,73	0,239	0,222	34,76	11,4	10,6
Id. . .	2	23	0,82	0,26	0,246	35,65	11,3	10,7
Moineau. .	3	21	0,758	0,24	0,218	36,09	11,4	10,4
Id. . .	4	25	0,88	0,28	0,242	35,2	11,2	9,7
Id. . .	5	26	0,89	0,28	0,239	34,2	10,7	9,2
Id. . .	6	27,5	0,92	0,32	0,276	34,5	11,6	10
Id . .	7	30,5	1,06	0,36	0,354	34,7	11,8	11,6

Remarques. — I. Si l'on compare entre eux ces différents résultats, on voit : 1° que, par kilogramme et par heure, les jeunes Cobayes et les Rats albinos exhalent à peu près la même

quantité d'acide carbonique et absorbant à peu près la même quantité d'oxygène ; 2° la quantité de chaleur qu'ils dégagent est comprise entre 10 et 16 calories (la calorie étant, bien entendu, la quantité de chaleur absorbée par un kilogramme d'eau quand la température s'élève d'un degré); 3° chez les Cobayes, on reconnaît toutefois que la quantité de chaleur dégagée est d'autant plus grande que le poids est plus petit ou que l'animal est plus jeune, car un Cobaye du poids de 66 gr. a dégagé 16 calories, tandis qu'un autre de 105 gr. a donné 11,5 calories ; 4° les Rats et les Cobayes absorbent trois fois plus d'oxygène et exhalent trois fois plus d'acide carbonique que les Lapins et les Chiens qui ont servi aux expériences de Regnault et de M. Reiset.

II. Pour les Oiseaux, les nombres que j'ai trouvés pour l'acide carbonique exhalé et pour l'oxygène absorbé par kilogramme et par heure, sont les mêmes que ceux qui ont été publiés par Regnault et Reiset ; ainsi, ces illustres expérimentateurs ont trouvé pour les moineaux, par kilogramme et par heure, 10 gr. 58 d'acide carbonique et 9,59 d'oxygène absorbé, le tableau III contient des nombres très voisins de ceux-ci et une pareille concordance garantit l'exactitude de mon procédé.

III. Quant à la chaleur dégagée par les Oiseaux, elle est beaucoup plus grande que celle qui est produite par les petits mammifères, puisqu'un kilogramme de petits oiseaux m'a donné de 34 à 36 calories, c'est-à-dire près de trois fois plus de chaleur que celle qui a été fournie par les Rats et par les Cobayes.

En poursuivant mon travail, j'ai cherché quelle est l'influence de deux poisons, l'oxyde de carbone et l'alcool sur la calorification, sur la production d'acide carbonique et sur l'absorption de l'oxygène.

Action de l'oxyde de carbone sur la production de chaleur.

L'influence de l'oxyde de carbone sur les phénomènes chimiques de la respiration et sur la calorification, mérite d'être étudiée. J'ai déterminé préalablement la dose toxique capable de causer la mort de l'animal ; un rat meurt après avoir respiré pendant une heure dans une cloche de l'air renouvelé contenant $\frac{1}{100}$ d'oxyde de carbone ; un oiseau succombe au bout du même temps dans une atmosphère contenant $\frac{1}{300}$ de ce gaz.

Ceci posé, pour établir la comparaison, on fait d'abord res-

pirer l'animal dans l'air ordinaire comme je l'ai déjà indiqué, puis dans un mélange d'air et d'oxyde de carbone, pendant le même temps en mettant le tube d'entrée de la boîte métallique en communication avec un sac de caoutchouc contenant 10 litres d'air et un volume mesuré d'oxyde de carbone.

Voici les tableaux des résultats obtenus :

TABLEAU IV.

Expériences comparatives faites sur les Rats.

Durée de chaque expérience : une demi-heure.

Nos des expér.	Poids de l'animal.	Composition de l'air.	Températ. rectale au début.	Températ. rectale à la fin.	Calories.	CO^2 exhalé.	O absorbé.
	gr.					gr.	gr.
1	150	Air pur........	40°	»	0,785	0,17	0,13
»	»	Air avec $\frac{1}{200}$ CO.	»	38°	0,631	0,12	0,11
»	»	Air avec $\frac{1}{150}$ CO.	»	36°	0,6	0,10	0,072
2	109	Air pur........	40°	»	0,7	0,24	0,21
»	»	Air avec $\frac{1}{150}$ CO.	»	37°5	0,56	0,15	0,12
3	176	Air pur........	40°	»	1,2	0,25	0,145
»	»	Air avec $\frac{1}{100}$ CO.	»	35°	0,64	0,14	0,09
»	»	Pér. d'élimination.	»	»	0,69	0,18	0,135
4	155	Air pur........	40°	»	0,87	0,18	0,137
»	»	Air avec $\frac{1}{100}$ CO.	»	34°	0,5	0,07	0,07 [1]

TABLEAU V.

Expériences comparatives faites sur les Moineaux.

Durée de chaque expérience : une demi-heure.

Nos des expér.	Poids.	Composition de l'air.	Temp. du cloaque. au début.	Temp. du cloaque. à la fin.	Calories.	CO^2 exhalé.	O absorbé.
	gr.					gr.	gr.
1	21	Air pur........	44°5	»	0,758	0,24	0,218
»	»	Air avec $\frac{1}{400}$ CO.	»	37°	0,5	0,11	0,071
2	23	Air pur........	»	»	0,85	0,26	0,246
»	»	Air avec $\frac{1}{600}$ CO.	»	39°5	0,72	0,20	0,134
3	26	Air pur........	»	»	0,89	0,28	0,239
»	»	Air avec $\frac{1}{600}$ CO.	»	»	0,73	0,18	0,148

[1] Meurt une heure après l'expérience.

»	»	Air avec $\frac{1}{500}$ CO.	»	38°5	0,62	0,16	0,126
4	26	Air pur........	44°	»	1,12	0,36	0,316
»	»	Air avec $\frac{1}{600}$ CO.	»	39°5	0,73	0,18	0,148
»	»	Air avec $\frac{1}{500}$ CO.	»	39°	0,536	0,14	0,126
5	3 moin.	Air pur........	44°	»	0,961	0,28	0,24
»	60	Air avec $\frac{1}{300}$ CO.	»	35°5	0,552	0,13	0,112

Remarques. — Dans les expériences d'intoxication, l'animal était placé pendant un quart-d'heure dans une cloche traversée par le mélange d'air et d'oxyde de carbone, avant d'être introduit dans le calorimètre et le mélange toxique circulait à travers le calorimètre et à travers les barboteurs pendant toute la durée de l'expérience.

Remarques. — On voit en examinant ces deux tableaux que les Rats et les Moineaux empoisonnés par l'oxyde de carbone produisent moins de chaleur qu'à l'état normal, mais il faut observer, en outre, que les animaux se refroidissent beaucoup ; chez les oiseaux, par exemple, la température qui est à l'état normal de 44°, s'abaisse jusqu'à 37° et même 35°; ce grand abaissement de la température échauffe l'eau du calorimètre et on peut affirmer que la chaleur produite par l'animal pendant la période d'intoxication, est moins grande que celle qui est mesurée en calories ; cette observation est confirmée par le fait que le poids de l'acide carbonique exhalé et celui de l'oxigène absorbé, est égal ou inférieur à la moitié des poids que l'on trouve à l'état normal.

La mesure calorimétrique traduit donc à la fois une grande diminution dans la quantité de chaleur produite par les animaux et dans la quantité de chaleur perdue par l'abaissement de la température du corps.

Action de l'alcool sur la production de chaleur.

Pour étudier l'influence de l'alcool sur la calorification, j'ai cherché d'abord à produire l'ivresse chez des rats en injectant de l'alcool dans la cavité buccale ou dans le rectum, mais j'ai dû abandonner ces moyens ; l'animal, en se débattant rejettait toujours une quantité indéterminée et non mesurable de liquide.

Le procédé qui m'a donné des résultats constants, consiste à injecter sous la peau de 5 à 8 cent. cubes d'alcool à 25° avec

une petite seringue munie d'une canule piquante et capillaire.

Il n'est pas facile de contenir les Rats et de faire cette injection ou de prendre la température dans le rectum de ces animaux et il faut beaucoup se défier de leurs dents, aussi je me suis servi avec avantage de l'artifice suivant : je prends une petite boîte de bois ayant la forme rectangulaire, longue de 16 c., large de 7 c. et profonde de 4 c.; je pratique d'abord une échancrure de 4 c. de long et de 1 c. de large au milieu du couvercle, puis deux échancrures ayant 2 c. sur 3 c. sur les deux faces opposées les plus petites ; le Rat saisi dans sa cage avec une longue pince est introduit dans cette boîte que l'on ferme aussitôt ; la queue sort par l'une des échancrures, on la saisit avec un linge et on indroduit facilement et sans aucun danger dans le rectum le réservoir d'un thermomètre très fin, qui fait connaître la température de l'animal.

Pour injecter l'alcool, on saisit par l'échancrure du couvercle avec deux pinces à pression munies chacune d'un arrêt, deux points de la peau du dos ou du ventre, distants de trois centimètres environ ; avec des ciseaux courbes, on coupe les poils, et par la surface de la peau ainsi dénudée on introduit la pointe de la canule ; on injecte lentement l'alcool qui forme sous la peau une tumeur liquide qui disparaît peu à peu, à mesure que l'absorption a lieu ; il faut environ vingt minutes pour que les premiers signes de l'ivresse apparaissent chez l'animal qui a été replacé dans sa cage ; on introduit le Rat dans le calorimètre lorsque l'ivresse est tout à fait confirmée. Le tableau VI fait connaître les résultats obtenus :

TABLEAU VI.

Expériences sur des Rats, à l'état normal, puis alcoolisés.

Durée de chaque expérience : une demi-heure.

Nos des expér.	Poids de l'animal. gr.	État de l'animal.	Calories.	CO^2 exhalé. gr.	O absorbé.	Variation de la températ. de l'eau du calorimètre. degré.
1	120	Normal........	1,01	0,25	0,2	0.72
»	»	6 cc. alcool à 25°.	0.82	0,2	0,148	0,58
2	120	Normal........	0,92	0,26	0,20	0,66
»	»	Alcoolisé.......	0,73	0,19	0,15	0,52
3	157	Normal........	0.95	0.38	0.26	0.68
»	»	8 cc. aldool à 25°.	0.86	0.31	0.205	0.54
4	164	Normal........	0.92	0.34	0.27	0.66
»	»	Alcoolisé.......	0.72	0.26	0.20	0.52

Remarque. — Les résultats indiqués dans ce tableau montrent que, chez un animal alcoolisé, la production de chaleur est diminuée sensiblement, et en même temps on trouve une diminution notable dans la quantité d'acide carbonique exhalé et d'oxigène absorbé ; ces faits sont d'accord avec les observations qui ont été faites bien souvent par les médecins, de l'abaissement de température considérable que présentent les alcooliques après plusieurs heures d'ivresse, abaissement de température qui peut même causer la mort.

Conclusion. — Mes expériences démontrent, donc que dans l'empoisonnement par l'oxyde de carbone aussi bien que dans celui qui est produit par l'alcool, ces deux substances ne paraissent pas brûler dans l'organisme et ne semblent contribuer en rien à la production de la chaleur animale.

CONTRIBUTION

A L'ÉTIOLOGIE DE LA FIÈVRE TYPHOÏDE

A PROPOS

DE L'ÉPIDÉMIE DU PAS-DES-LANCIERS [1]

Par M. RIETSCH
Professeur suppléant à l'École de médecine et de pharmacie de Marseille.

Au printemps 1885, une division dite « de réserve du Tonkin » fût rassemblée près du Pas-des-Lanciers, petite station de la ligne de Marseille à Paris que l'on rencontre à 18 kilomètres de la première ville en sortant du tunnel de la Nerthe. La fièvre typhoïde éclata bientôt dans cette troupe, et les malades furent envoyés à l'hôpital militaire de Marseille qu'ils ne tardèrent pas à encombrer. Il s'agissait d'une épidémie intense, la contagion semblait des mieux caractérisées; il me parut intéressant de rechercher encore ici le bacille qui a été trouvé dans la dothiénentérie par Klebs, Eberth, Koch, Meyer, Friedländer, Gaffky, Bouchard, Cornil et Babès, etc., qui a été cultivé par Gaffky en premier lieu, qui a été enfin inoculé avec succès à divers animaux par Tayon d'abord (Ct. R. Ac. Sc., le 18 août 1884, 9 février et 10 août 1885), et tout récemment par Fraenkel et Simonds (Die aetiologische Bedeutung des Typhus-Bacillus, Hambourg et Leipzig 1886) (2).

Je fis part de mon intention à M. Chabert, médecin principal de 1re classe, qui dirigeait alors l'hôpital militaire de Marseille, et j'en reçus l'accueil le plus favorable. Quoique surchargé à ce moment de besogne, l'hôpital ayant passé brusquement de 100 à

(1) Ce travail a été fait à l'École de plein exercice de Marseille, dans le local et avec des ressources que MM. les professeurs Rousset et Roustan ont bien voulu mettre à ma disposition; c'est pour moi un agréable devoir de remercier ces Messieurs de leur constant appui, grâce auquel il m'a été possible de terminer ces recherches.

(2) J'ai moi-même réussi à peu près régulièrement à tuer en 24 à 48 heures de jeunes souris blanches âgées de trois à six semaines, par l'injection *sous-cutanée* de $^1/_{20}$ à $^1/_{10}$ de cent. cube d'une culture pure dans le bouillon à peptones, employée 24 heures après ensemencement; la rate et même le foie ont redonné les bacilles par culture sur pomme de terre et en gélatine.

800 malades, obligé en outre d'organiser un hôpital supplémentaire à la caserne Saint-Charles et de pourvoir à l'évacuation du trop-plein sur Lyon, Avignon, etc., M. Chabert s'est efforcé de mettre à ma disposition tous les matériaux que je pouvais désirer; je me fais un véritable plaisir de lui exprimer ma reconnaissance pour l'appui éclairé qu'il a bien voulu prêter en toute circonstance à mes recherches. Je dois aussi adresser mes remercîments à M. Sieur, médecin aide-major, tout dévoué à la science, qui a fait un grand nombre d'autopsies de typhiques.

Ce travail devait être entrepris en commun avec mon excellent ami M. Rœser, pharmacien-major, qui a pris part aux premières recherches; malheureusement son déplacement ne lui a pas permis de continuer et m'a privé, à mon grand regret, d'un collaborateur aussi actif que compétent.

Recherches bactériologiques sur le cadavre (1). — L'examen a porté sur 36 cas; les autopsies ont été faites par MM. les médecins attachés à l'hôpital aussi vite que le permettent les règlements des hôpitaux militaires; mais mes opérations se sont trouvées plus d'une fois retardées par mes occupations professionnelles d'abord, puis par la nouvelle épidémie de choléra qui a bientôt absorbé tout mon temps. Ainsi pour les n°s 29, 34 et 35 du tableau des autopsies, l'ensemencement n'a pu avoir lieu que 48 heures après la mort, tandis que dans la grande majorité des cas, l'intervalle a été de 25 à 30 heures seulement.

J'ai toujours opéré par ensemencement dans la gélatine d'après la méthode indiquée par Gaffky (Mitth. aus dem K. Gesundheitsamt, B. II, p. 386). La rate (ou un morceau massif du foie, ou un rein) est lavée soigneusement dans une solution de 1/1000 de sublimé corrosif. Avec un scalpel et des pinces stérilisés par flambage, on fait une incision longitudinale profonde qui coupe presqu'entièrement en deux tout l'organe ou fragment d'organe. Une des deux surfaces de section sert de point de départ à une deuxième incision qui est faite avec de nouveaux instruments flambés, mais qui n'atteint nulle part les couches extérieures de l'organe (ou fragment d'organe). Enfin l'une de ces deuxièmes surfaces de section sert de point de départ à une troi-

(1) Ces recherches ont été faites en grande partie en commun avec M. Rœser.

les préparations directes faites soit avec le foie, soit avec la rate. N'ayant pas disposé de l'outillage nécessaire pour faire des coupes, je n'ai pu jusqu'à présent pousser plus loin l'examen de ce cas particulier unique. Il se rapporte à un moment où l'hôpital militaire de Marseille était déjà absolument encombré et où cependant le personnel médical n'avait pu encore être augmenté en proportion et se trouvait numériquement tout à fait insuffisant ; je crois donc qu'il ne faut pas exclure la possibilité, soit d'un diagnostic fait à la hâte, soit d'une erreur de numéro ou d'écriture. La rate n'a donné qu'un très petit nombre de colonies formées par un coccus, le foie des colonies de coccus et des colonies nombreuses d'un bâtonnet droit différent du bacille typhoïdique et liquéfiant la gélatine. Les préparations directes sur lamelles ont confirmé ces résultats pour le foie ; elles n'ont rien donné pour la rate.

Des préparations directes ont été faites aussi pour toutes les autres autopsies en étalant sur lamelle de petites parcelles d'organe, puis séchant, flambant et coloriant d'après la méthode connue ; elles donnent un résultat beaucoup moins sûr et moins net que les cultures ; souvent cependant elles montrent des bacilles nombreux dans lesquelles parfois on distingue des spores; il est évident que les spores isolées échapperaient à l'examen dans ces préparations.

Quand par les procédés ci-dessus indiqués on avait constaté la présence du *bacillus typhosus*, ce résultat a été indiqué dans le tableau par le signe + qui n'est suivi d'aucune autre indication dans le cas où l'on n'a trouvé aucun autre micro-organisme; le résultat négatif pour le bacillus typhosus est indiqué par le signe —; un ou deux astérisques suivant le signe + impliquent une diminution croissante dans le nombre de bacilles ou des colonies; mais il s'agit là d'une évaluation assez arbitraire.

Des bactéries étrangères ont été constatées dans les autopsies suivantes :

29 et 35 ensencement seulement 48 heures post-mortem.
34 de même, de plus la maladie avait duré 28 jours.
3 et 36 décès après 11 jours de maladie (à l'hôpital).
28 après 20 jours de maladie (à l'hôpital).

Il semble très plausible que quelques-uns des divers micro-

organismes contenus dans l'intestin puissent envahir l'économie à la suite du bacille typhique, surtout quand la maladie se prolonge longtemps.

La rate et le foie se sont montrés littéralement farcis de bacilles typhiques, même dans des cas assez anciens (1). Dans le rein, au contraire, ils étaient plus rares en général (12, 13,26, 27, 28), ou même faisaient défaut (8, 15). Gaffky était déjà arrivé à des résultats analogues.

Dans la deuxième colonne du tableau, j'ai indiqué en jours la durée du séjour du malade à l'hôpital; le chiffre doit sans doute être augmenté en général d'une ou de deux unités pour avoir la durée réelle de la maladie.

L'autopsie 2 se rapporte à un militaire de la garnison de Marseille; ce cas n'a aucun rapport avec l'épidémie du Pas-des-Lanciers (2).

L'autopsie 12 est celle d'un apprenti des équipages de la flotte entré à l'hôpital militaire le 4 juillet comme anémique sans aucun symptôme typhique, et mort le 12 juillet de la fièvre typhoïde confirmée; cela semble être un cas de contagion intérieure.

Toutes les autres autopsies proviennent de la division de réserve du Tonkin, en majorité du camp Nord. (Voir plus loin.)

Le même bacille se retrouvant dès le commencement de ces recherches dans presque toutes les autopsies et en quantité énorme, une relation de cause à effet entre ce bacille et l'épidémie du Pas-des-Lanciers devenait très probable, d'autant plus que nos résultats n'étaient que la confirmation de beaucoup d'autres recherches sur le même sujet.

Je me suis rendu plusieurs fois sur les lieux pour essayer de savoir comment la contamination avait pu se faire sur une aussi large échelle. A ma première visite (7 juillet) la division était encore rassemblée, mais on venait d'évacuer le camp Nord (3 juillet), et les troupes occupaient un espace plus vaste. Je fus

(1) Il est vrai que les ensemencements n'ont été faits que plus de 24 heures après la mort, et Fraenkel et Simmonds ont montré qu'il y a multiplication des bacilles post-mortem.

(2) L'identité du bacille trouvé dans ce cas avec celui du Pas-des-Lanciers et celui de Gaffky a été mise hors de doute, notamment par des cultures sur pomme de terre. Il ne semble donc pas y avoir lieu de distinguer, au point de vue étiologique, les épidémies typhiques des camps de celles des casernes.

Tableau des autopsies.

	Séjour à l'hôpital en jours.	Résultat des cultures.		Séjour à l'hôpital en jours.	Résultat des cultures.
1	3	Rate + Foie +	19	27	Rate +
2	9	Rate + Foie +	20	14	Rate +
3	11	Rate +* Foie + coccus.	21	5	Rate +
4	2	Rate + Foie +	22	12	Rate +
5	2	Rate +	23	18	Rate +
6	11	Rate +* Foie +	24	19	Rate +*
7	7	Rate — rares coccus. Foie — coccus et bacille liquéfiant la gélatine.	25	21	Rate +
8	7	Rate + Foie + Rein —	26	5	Rate + Rein +*
9	8	Rate + Foie +	27	20	Rate + Rein +*
10	18	Rate + Foie +	28	20	Rate + Rein +** (coccus ?).
11	7	Rate + Foie +	29	7	Rate + coccus. Rein + impur.
12	8	Rate + Foie +* Rein +**	30	26	Rate +* Foie +
13	13	Rate + Foie +* Rein +**	31	23	Rate + Foie +*
14	9	Rate + Foie + Rein +	32	? Plus de 5	Rate + Foie +
15	15	Rate + Foie + Rein —	33	? Plus de 6	Rate + Foie +
16	9	Foie +	34	28	Rate +* coccus et gros bacille. Foie +* coccus.
17	5	Rate +	35	7	Rate + coccus. Foie + impur.
18	26	Foie +	36	11	Rate + impur. Foie + impur.

accueilli avec la plus grande affabilité par M. Duchemin, médecin principal et directeur du service sanitaire de la division; M. Duchemin s'est empressé de me fournir tous les renseignements qui pouvaient me guider et je suis heureux de l'en remercier ici. Plus tard je suis retourné successivement avec mes amis M. Roule et M. Jourdan, qui s'étaient occupés tous deux de la géologie de cette région. Finalement je suis arrivé à cette conclusion qu'il y a encore lieu ici d'incriminer principalement l'eau.

Description des lieux et du régime des eaux. — Au nord-ouest de la station du Pas-des-Lanciers, à l'ouest de la voie ferrée de Marseille à Paris, entre celle-ci et l'étang de Berre, est situé un champ de tir où vont séjourner successivement en été des fractions du XV[e] corps d'armée. Ce champ de tir, traversé par une petite rivière, la Cadière, fut affecté au campement de la division du Tonkin (camp Sud) (1); on utilisa en outre la partie inférieure d'un plateau incliné qui s'élève vers le nord depuis la route de Martigues à Marseille et qui se trouve limité à l'ouest par une falaise de quelques mètres de hauteur; cette portion inculte du plateau (camp Nord) est séparée à l'est de la voie ferrée par une bande de champs cultivés. Au sud le plateau vient presque affleurer à la route; la falaise devient très basse et dans l'angle qu'elle forme avec la route jaillit une source abondante, la font Marignane, donnant un petit ruisseau qui ne rejoint la Cadière qu'à 1,800 mètres environ plus loin, un peu en amont du village de Marignane, bien en aval du hameau de Saint-Victoret.

Le plateau incliné est constitué par la formation dite calcaire de Rognac, que les géologues considèrent comme contemporaine de la craie de Maëstricht, c'est-à-dire comme appartenant au crétacé supérieur. Les couches superficielles se composent d'un calcaire perméable d'autant plus qu'il porte de nombreuses crevasses verticales; il repose sur une couche argilo-bitumineuse compacte, imperméable, correspondant dans la série géologique à la couche connue sous le nom de zone à *Melania armata*. La coupe ci-jointe, qui exagère notablement les pentes, montre que ces couches ont une direction parallèle à la surface

(1) Voir ci-contre le plan du camp que j'emprunte au rapport de M. Duchemin.

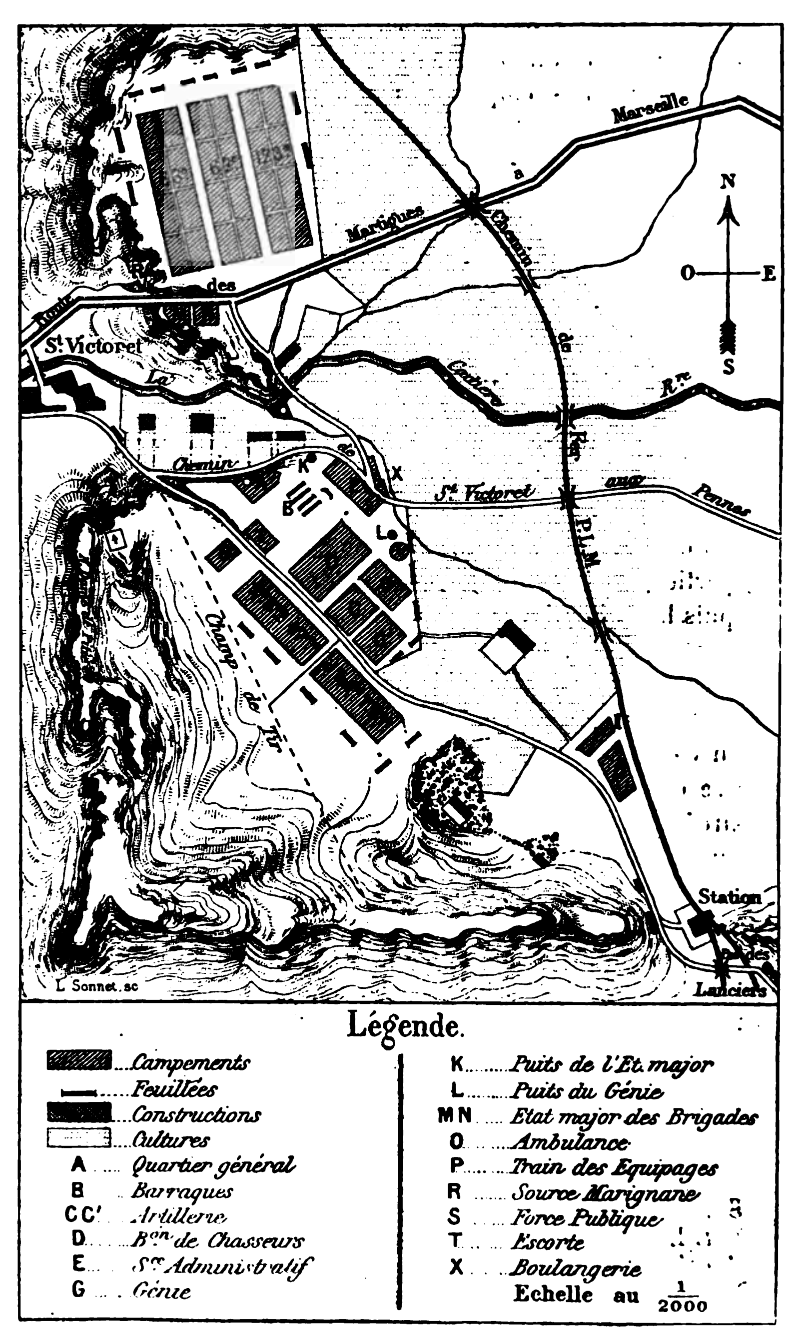

Marseille
Martigues
Route des
St Victoret
Chemin
Fer
P.L.M.
St Victoret
aux
Pennes
Champ
de
Tir
Station
Lanciers
N
O
E
S
L. Sonnet. sc
Légende.
...Campements
.....Feuillées
...Constructions
...Cultures
A .... Quartier général
B .. Barraques
CC' .. Artillerie
D....... Bon de Chasseurs
E.... Sce Administratif
G .... Génie
K......... Puits de l'Et. major
L......... Puits du Génie
MN ..... Etat major des Brigades
O .... Ambulance
P......... Train des Equipages
R .... Source Marignane
S ...... Force Publique
T .... Escorte
X .... Boulangerie
Echelle au 1/2000

Fig. 1.

du plateau ; elles sont inclinées du nord au sud ; à la font Marignane elles sont devenues presque horizontales ; à une faible distance au delà leur direction change et elles se relèvent de nouveau légèrement vers le sud. La source Marignane corres-

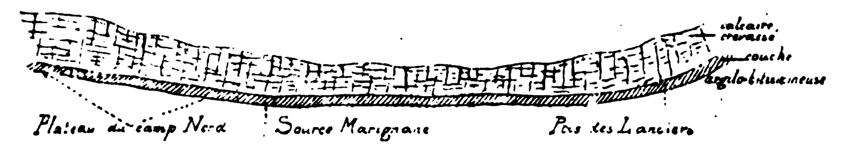


Fig. 2.

pond presque au point le plus bas de la coupe, elle est alimentée par une nappe d'eau reposant sur la couche argilo-bitumineuse, et les eaux de pluie tombant sur la partie inférieure du plateau, arrivent à la source pour ainsi dire directement et sans filtration, à cause des crevasses du calcaire superficiel.

Je dois encore insister sur un détail qui me paraît très important ; la fontaine ne donne pas naissance directement au ruisseau, mais l'eau jaillit dans le coin C du bassin ABCD figuré

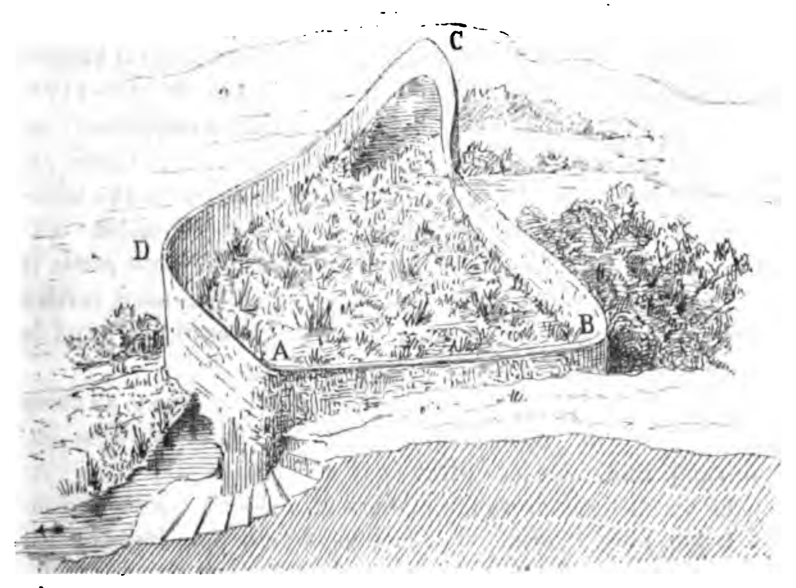


Fig. 3.

ci-contre ; ce bassin est entouré de murs hauts de quelques mètres ; l'eau y reste d'abord plus ou moins stagnante au milieu

des végétaux qui le remplissent complètement et qui forment une couche épaisse, dense, couvrant toute la surface sauf dans l'angle C (1). L'eau n'est accessible qu'à sa sortie du bassin au bas du mur AD, et c'est là que les soldats allaient la puiser.

Les habitants de Saint-Victoret et de Marignane ne boivent pas l'eau de la font Marignane, mais celle de leurs puits. Les puits de Saint-Victoret, placés sur la rive gauche de la Cadière, ne peuvent avoir aucune communication directe avec le ruisseau. Les puits de Marignane, à 2 kilomètres plus loin, *pourraient* recevoir une certaine proportion de ces eaux, mais seulement après leur mélange avec la Cadière dont le débit est huit à dix fois plus fort que celui du ruisseau, et seulement après filtration; enfin la Cadière n'est certainement pas l'unique source d'alimentation des puits de Marignane, si toutefois elle y prend part. Trois ou quatre maisons seulement de Saint-Victoret sont placées sur la rive droite du ruisseau, à une distance de 10 à 15 mètres, et je ne sais pas dans quels rapports leurs puits peuvent être avec la font Marignane.

Marche de l'épidémie. — Les premières troupes arrivèrent au camp vers le milieu de mai et l'effectif de la division fut bientôt porté à 8,615 hommes dont 199 officiers (2). Les 62e, 63e et 123e de ligne, forts de 5,110 hommes, s'établirent au camp Nord; les 47e de ligne, 22e bataillon de chasseurs, l'artillerie, le génie, le convoi des subsistances prirent le camp Sud, soit 3,427 hommes, officiers compris. Il faut encore ajouter état-major : officiers 31, troupe 47, soit en tout 78 hommes qui firent partie la plupart au moins du camp Sud; mais n'étant pas assez certain de leur répartition, je préfère ne pas les faire entrer en ligne de compte dans l'effectif du camp Sud.

Dans ce qui va suivre, je compterai comme malades, au camp Nord, tous ceux appartenant aux 62e, 63e et 123e de ligne, et, au camp Sud, tous les autres de la division.

Le 62e de ligne provenait de Lorient, où « un régiment d'in-« fanterie de marine était depuis longtemps éprouvé par « la fièvre typhoïde, tandis que le 62e avait été complète-

(1) J'ai trouvé le bassin dans cet état à chacune de mes visites au camp.

(2) J'emprunte ces chiffres, ainsi que la plupart de mes renseignements sur les troupes et les malades du camp, au rapport de M. Duchemin. (*Archives de Méd. et Pharm. militaires*, n° du 1er mars 1886.)

« ment indemne jusqu'à son départ; mais, pendant la route, « il avait laissé à Limoges deux hommes fortement soupçon- « nés d'être atteints par la maladie » (rapport de M. Duchemin). Ce régiment arrive au Pas-des-Lanciers le 12 mai; le 15, il envoie à l'hôpital de Marseille trois hommes atteints de fièvre typhoïde. « Naturellement on s'émut; le régiment fut

Tableau des entrées à l'hôpital pour fièvre typhoïde.

DATES.	CAMP NORD.			CAMP SUD.		
	Fièv. typ. confirmées.	Fièv. typ. abortives.	Total.	Fièv. typ. confirmées.	Fièv. typ. abortives.	Total.
Mai						
15	3	»	3	»	»	»
16	»	4	4	»	»	»
17	»	»	»	»	»	»
18	1	1	1	»	»	»
19	»	9	9	»	»	»
20	»	»	»	»	»	»
21	»	2	2	»	»	»
22	»	»	»	»	»	»
23	»	1	1	»	»	»
24	»	2	2	»	»	»
25	»	1	1	»	1	1
26	»	2	2	»	»	»
27	2	4	4	»	»	»
28	»	4	4	»	»	»
29	»	8	8	»	1	1
30	»	8	8	»	6	6
31	»	2	2	»	»	»
Juin						
1	1	5	6	»	2	2
2	»	9	9	1	2	3
3	»	5	5	»	3	3
4	»	7	7	»	3	3
5	»	12	12	»	2	2
6	»	16	16	»	7	7
7	»	6	6	»	2	2
8	»	6	6	»	2	2
9	1	1	2	»	»	»
10	»	4	4	»	»	»
11	1	5	6	»	»	»
12	»	»	»	1	»	1
13	»	2	2	»	»	»
14	1	2	3	»	1	1
15	3	1	4	»	»	»
16	2	»	2	»	1	1
17	1	7	8	»	1	1
18	»	2	2	»	1	1
19	3	11	14	1	»	1

DATES.	CAMP NORD.			CAMP SUD.		
	Fièv. typ. confirmées.	Fièv. typ. abortives.	Total.	Fièv. typ. confirmées.	Fièv. typ. abortives.	Total.
Juin						
20	4	2	6	»	3	3
21	3	4	7	»	»	»
22	7	8	15	»	1	1
23	1	16	17	3	»	3
24	9	12	21	»	2	2
25	3	22	25	»	»	»
26	10	28	38	3	2	5
27	15	25	40	1	1	2
28	16	21	37	1	4	5
29	21	5	26	1	2	3
30	19	14	33	»	2	2
Juillet						
1	22	47	69	1	»	1
2	19	52	71	1	7	8
3	15	69	84	»	12	12
4	30	71	101	»	3	3
5	27	50	77	2	14	16
6	17	35	52	»	2	2
7	28	41	69	»	7	7
8	11	63	74	»	3	3
9	9	56	65	»	2	2
10	12	2	14	»	»	»
11	»	1	1	»	»	»
12	2	1	3	1	»	1
13	5	1	6	»	»	»
14	14	4	18	1	»	1
15	28	9	37	3	1	4
16	27	3	30	9	15	24
17	»	»	»	»	»	»
18	3	3	6	2	»	2
19	3	4	7	»	2	2
20	3	2	5	1	1	2
21	2	»	2	3	4	7
22	5	1	6	7	1	8
23	2	1	3	2	1	3
24	5	»	5	7	2	9

« mis en observation; on prescrivit l'isolement des hommes de « renfort » qui devaient compléter les deux bataillons de ce régiment. Dès le mois de mai « les embarras gastriques furent

« toujours nombreux au 62e. » Le 63e eut dès le 18 mai un cas de fièvre typhoïde confirmée; le camp Sud ne fut atteint que plus tard. Il ne me semble donc pas impossible que le 63e eût apporté aussi de son côté des germes de l'épidémie, tandis que les troupes du camp Sud n'ont probablement été contaminées qu'au Pas-des-Lanciers.

Le tableau ci-joint indique la marche de l'épidémie jusqu'à la levée du camp (24 juillet); le camp Nord fut évacué le 3 juillet, et les troupes qui le composaient furent installées autour et à quelque distance du camp Sud, jusqu'à la dispersion complète de la division. J'ai encore emprunté tous les éléments de ce tableau au rapport de M. Duchemin, en les groupant seulement par camp Nord et camp Sud. M. Duchemin a partagé tous les typhoïdiques en deux catégories : « les malades ayant par-
« couru le cycle complet de la fièvre typhoïde (f. t. confirmées)
« et les malades auxquels on aurait pu maintenir les épithètes
« de fièvre muqueuse, fièvre gastrique (f. t. abortives).

La totalité des fièvres typhoïdes confirmées a donc été de :

416, soit 8,14 0/0 de l'effectif au camp Nord.
53, — 1,55 0/0 — — Sud.

La totalité des fièvres typhoïdes abortives :

822, soit 16,08 0/0 au camp Nord.
128, — 3,73 0/0 — Sud.

Soit en tout 24,22 0/0 de cas typhoïdiques au camp Nord.
— 5,78 0/0 — — Sud.

sur lesquels il y a eu :

109 morts, soit 2,13 0/0 de l'effectif au camp Nord.
13 — — 0,38 0/0 — — Sud.

Le camp Nord a fourni en général 2,247 entrées aux hôpitaux, ou 43,97 0/0; le camp Sud 655, ou 19,11 0/0; si l'on en défalque les fièvres typhoïdes, il reste pour toutes les autres maladies une proportion de 19,75 0/0 au camp Nord, 13,83 0/0 au camp Sud. C'est donc surtout l'épidémie typhoïdique qui donne l'énorme différence de 19 à 44 0/0 entre les deux camps.

Causes probables. — Les troupes étaient loin d'être placées dans de bonnes conditions. Dans l'emplacement du camp on ne trouve pas un arbre, pas trace d'ombre, ni aucun abri contre le mistral. Sous les tentes, il faisait le plus souvent, dans la

journée, une chaleur insupportable; les nuits étaient humides et fréquemment fraîches. Des feuillées furent bien creusées pour recevoir les selles ; on devait même les munir de tinettes; néanmoins le sol ne tarda pas à être couvert de déjections typhoïdiques et autres; les hommes affaiblis par la fièvre, atteints de diarrhée, ne pouvaient guère en effet parcourir les 200 mètres ou plus qui les séparaient le plus souvent des lieux d'aisance. Les rafales assez fréquentes de mistral balayaient le camp, soulevant des nuages de poussière qui couvraient les ustensiles, les effets, le pain, la soupe, etc. des soldats, et dans cette poussière il pouvait, il devait y avoir souvent, dans ces conditions, des spores du bacille typhique qui résistent si longtemps à la dessication.

Il a donc dû y avoir contamination par l'air, contamination sans nul doute aussi par le linge, par le couchage en commun sous la même tente, par les rapports constants des hommes entre eux dans un même camp. Mais ces conditions étaient à peu près les mêmes pour les deux fractions de la division, et les rapports fréquents qu'elles avaient entre elles auraient dû, après quelques semaines au moins, établir l'égalité au point de vue de l'épidémie entre les deux camps, si les circonstances que je viens d'énumérer avaient été les principaux facteurs dans la contagion. Une différence capitale, à mon avis, c'est que les deux camps ne consommaient pas la même eau. Le camp Nord s'approvisionnait à la source Marignane, le camp Sud au puits de l'état-major et à la Cadière (voyez le plan du camp et le rapport de M. Duchemin).

Or, au camp Nord, l'eau de pluie, après avoir passé sur les déjections éparses et sur celles des feuillées qui devenaient de véritables appareils de lixiviation, se rendait presque directement et sans filtration à la fontaine à laquelle buvaient les soldats, et il n'est pas possible de douter que *bacillus typhosus*, une fois amené dans le bassin, dans lequel jaillissait la source, devait, le soleil aidant, s'y multiplier et s'y perpétuer, soit sur les parcelles végétales et les débris organiques flottant dans le bassin, soit dans les parties plus ou moins stagnantes de la mare d'eau, contaminant sans cesse l'eau qui s'écoulait par le ruisseau. Il y a donc eu au camp Nord une cause de contagion générale et persistante dès les premiers jours, car le 62e de ligne

est arrivé le 12 mai et il a plu abondamment le 14 ; il y avait à ce moment des hommes atteints de la maladie, puisque ce régiment a fourni le 15 trois entrants à l'hôpital pour fièvre typhoïde confirmée. Les pluies subséquentes (1), à un moment où les typhiques étaient déjà nombreux et leurs déjections abondantes sur le sol, n'ont pu manquer de déterminer une nouvelle infection de la source.

On ne peut pas objecter à cette manière de voir le fait que l'évacuation du camp Nord n'a pas été suivie immédiatement d'une diminution notable de l'épidémie, car on est généralement d'accord pour admettre, pour la fièvre typhoïde, une période d'incubation, de durée variable sans doute d'après l'état de réceptivité de l'individu et la quantité de bacilles (ou de spores) introduits dans l'intestin, mais pouvant atteindre trois semaines d'après Gaffky. Le changement de l'eau potable ne pouvait donc manifester son influence qu'après un certain laps de temps, et c'est ce qui a eu lieu, comme on le reconnaîtra en consultant le tableau précédent.

Au camp Sud, on buvait : 1° de l'eau de la Cadière, qui descend de la chaîne de la Nerthe, et pour laquelle il n'y avait pas de raison apparente de contamination ;

2° L'eau du puits de l'état-major et du puits du génie creusés dans le voisinage de la Cadière. Ces puits affleurent aussi à la couche argilo-bitumineuse dont il a été question, et sont creusés à travers les couches de calcaire perméable ; mais, en ce point, il y a une inclinaison générale des terrains vers l'étang de Berre ;

(1) Je donne ici le relevé des observations pluviométriques faites en mai, juin et juillet dans les stations les plus rapprochées du Pas-des-Lanciers, d'après la communication qu'a bien voulu me faire M. Stephan, directeur de l'Observatoire de Marseille (pluie en millimètres).

DATES.	BERRE.	LES PENNES.	SAINT-CHAMAS.	MARIGNANE.	DATES.	BERRE.	LES PENNES.	SAINT-CHAMAS.	DATES.	BERRE.	LES PENNES.	SAINT-CHAMAS.
Mai					Juin				Juill.			
5	»	»	1	»	10	24	20	»	1	»	11	1
14	21	21	21	20	11	42	30	78	4	»	1	»
18	»	1	»	»	12	5	4	»	5	»	»	2
21	2	4	2	»	16	»	»	3				
22	6	4	1	»	17	12	14	3				
					18	»	6	»				

les eaux d'infiltration du camp Sud devaient donc plutôt s'éloigner de la Cadière et des puits. Puis la nappe d'eau souterraine est considérable; les infiltrations du camp s'y seraient trouvées très délayées dans l'eau provenant des collines voisines; enfin, et surtout peut-être, les puits n'aboutissaient pas dans un véritable appareil de culture, de multiplication, comme le bassin de la fontaine Marignane.

Le village de Saint-Victoret (450 habitants) qui, au point de vue de l'eau, se trouve dans des conditions très analogues à celles du camp Sud, n'a pas eu un seul cas de fièvre typhoïde, d'après les renseignements qui m'ont été fournis par MM. les docteurs Amavet et Justinesy de Marignane; il est vrai que ses habitants, acclimatés du reste, étaient protégés par leurs maisons contre le mistral et le soleil.

Il y a eu un cas grave de fièvre typhoïde à Marignane (2,000 habitants, situé à 2 kilomètres plus loin) le 18 juin; il n'y a aucune raison pour le mettre en relation avec l'épidémie du Pas-des-Lanciers.

En général, dans ces deux localités, les fièvres typhoïdes sont rares; en 1885, il y en a eu plutôt moins que la moyenne.

Examen bactériologique des eaux. — Avec de l'eau que j'avais puisée au camp le 7 juillet, nous avons fait, M. Rœser et moi, plusieurs ensemencements dans la gélatine. Les eaux de la Cadière, de l'état-major et de la font Marignane nous ont donné toutes trois de nombreuses colonies de cocous tout à fait semblables à celles du *bacillus typhosus* (on sait que celles-ci n'ont rien de caractéristique); il eut donc fallu faire l'essai de chaque colonie par une préparation coloriée, et par l'examen microscopique; nous avons fait un certain nombre de ces essais, et nous avons fini par trouver quelques colonies formées d'une bacille très semblable par sa forme et ses dimensions au *bacillus typhosus.* Ce bacille a été resemé, et ses colonies nous ont paru alors un peu moins colorées que celles de la dothiénentérie. Une fois obtenu à l'état de pureté, il a été semé sur des tranches de pomme de terre, et nous avons pu ainsi nous assurer qu'il ne s'agissait pas du bacille typhique. Les tranches, en effet, se recouvraient en vingt-quatre heures à 34° d'une épaisse couche blanche semi-fluide. Le départ de M. Rœser et la réapparition du choléra à Marseille ne nous ont pas permis de

reprendre ces recherches avec de nouveaux échantillons d'eau.

Le résultat a donc été certainement négatif pour ces quelques recherches du bacille typhique dans l'eau que nous incriminons; mais ceci ne prouve absolument rien. La recherche d'une bactérie déterminée dans l'eau offre bien des chances de non réussite, même quand cette bacterie existe en quantité assez notable, et forme des colonies bien caractérisées faciles à reconnaître de toutes les autres (bacille-virgule du choléra, par exemple); néanmoins, dans ces conditions, le problème n'est pas insoluble. Les conditions sont bien différentes quand on ne peut plus retrouver à la loupe ou avec un faible objectif la colonie cherchée au milieu de centaines d'autres, quand il faut, pour chaque colonie, faire une préparation et un examen microscopique.

Si l'eau de la source Marignane avait renfermé trois ou quatre *bacillus typhosus* par litre, cela n'aurait-il pas suffi à expliquer toute l'épidémie? et pourtant comment les trouver, si ce même volume d'eau renfermait 100,000 (et ce chiffre est sans nul doute beaucoup trop faible) bactéries, et en majorité le (ou les) coccus fournissant des colonies d'aspect identique à celui des colonies du bacille pathogène, étant donné surtout que cet examen ne peut jamais porter que sur quelques centimètres cubes d'eau?

Il n'est pas douteux que chaque pluie devait infecter la source Marignane avec les déjections du camp Nord, que le bassin entourant cette source ne pouvait manquer de devenir un réservoir, un multiplicateur du contage; l'eau qui en sortait était éminemment propre à produire une contamination intense, surtout étant bue par des hommes en aussi excellentes conditions de réceptivité que les troupes du camp.

Cela prouve encore une fois que l'on n'obtient pas des renseignements suffisants sur les eaux potables par l'analyse chimique, car celle-ci avait montré l'eau Marignane préférable à toutes les autres du camp. (Rapport Duchemin, p. 149.)

Conclusions. — Quoique différant d'opinion avec M. Duchemin en plus d'un point sur les causes de cette épidémie, je conclurai donc comme lui (l. c. p. 175) : 1° que les conditions de réceptivité ne doivent pas être négligées, c'est-à-dire qu'il ne faut pas camper 8,000 hommes pendant des mois, en plein été,

sous le soleil ardent de la Provence, dans une plaine dénudée et sans abri contre le mistral.

« 2° Que les camps permanents doivent être évités en temps « de paix. Lorsqu'ils sont imposés par des considérations « d'ordre supérieur, ils doivent être établis, autant que pos- « sible, dans des régions tempérées; l'aménagement des eaux « potables et des latrines doit toujours précéder l'arrivée des « troupes. Le service des vidanges doit être préalablement as- « suré. »

J'ajouterai seulement ceci : *et il faudra surtout prendre des dispositions telles que les déjections ne puissent, par l'intermédiaire de l'eau de pluie, aller contaminer l'eau de consommation, dût-on pour cela aller chercher celle-ci à une certaine distance.*

RECHERCHES

SUR LES

INSECTES VÉSICANTS

(SUITE)[1]

Par H. BEAUREGARD

(PLANCHES VI A IX.)

II. — TUBE DIGESTIF.

A. FORME EXTÉRIEURE.

Le tube digestif a été étudié chez quelques insectes Vésicants par différents naturalistes, Ramhdor (23), Brandt et Ratzburg (24), L. Dufour (25), Audouin (14), etc.; mais en général, ces auteurs n'ont examiné qu'un petit nombre de genres et leurs descriptions sont assez sommaires.

L. Dufour (1824), est celui qui a étendu ses recherches au plus grand nombre de types. Il a figuré le tube digestif des *Meloe Majalis, Mylabris melanura, Zonitis prœusta* et *Sitaris humeralis*.

Audouin (1826), de son côté, n'a étudié que la Cantharide, mais il a donné dans la belle monographie qu'il a consacrée a cet insecte la description la plus détaillée que l'on possède du tube digestif d'un Vésicant.

Je me suis proposé de compléter ces notions dans la mesure du possible. Mes investigations, à cet effet, ont porté sur tous les types que j'ai pu me procurer vivants ou conservés dans l'alcool.

Les *Cantharis vesicatoria, Epicauta verticalis, Lytta Fabricii, Lytta pensylvanica, Cerocoma Schreberi, Mylabris 4-punctata, Mylabris geminata, Zonitis mutica, Meloe angusticollis, M. proscarabœus, M. Majalis* et *Sitaris humeralis* que j'ai étudiés représentent, à quelques exceptions près, les principaux genres du groupe.

Le tube digestif examiné en place présente chez tous les Vési-

(1) Voir les numéros de Novembre-Décembre 1885 et Janvier-Février 1886.

cants trois parties bien distinctes par leurs caractères extérieurs ; ce sont, d'avant en arrière : l'œsophage (préintestin) ; le ventricule chylifique (intestin moyen) et l'intestin proprement dit (post-intestin). La forme et les dimensions réciproques de ces diverses parties sont un peu variables avec les espèces.

L'*œsophage*, toujours court et cylindrique dans sa partie antérieure, se renfle plus ou moins en arrière avant de s'unir au ventricule chylifique. Cette partie dilatée qui est très développée chez Meloe majalis, a reçu de certains auteurs le nom de *jabot;* nous verrons qu'il n'existe point chez les espèces qui, comme les Zonitis (Z. mutica, Z. prœusta) se nourrissent exclusivement du pollen des fleurs. Dans ce cas, l'œsophage (fig. 16, pl. IX) est grêle et cylindrique dans toute son étendue.

Chez certains Vésicants, comme la *Cantharide* ordinaire (*C. Vesicatoria*) les parois de l'œsophage semblent assez épaisses. Dans la région postérieure elles sont relevées extérieurement de saillies longitudinales séparées par des dépressions de largeur à peu près égale, et au niveau où commence l'estomac l'œsophage se termine par un bord festonné (pl. VI, fig. 1). Ailleurs, chez *Epicauta verticalis, Lytta Fabricii* et *Lytta pensylvanica* la paroi paraît plus mince et l'on aperçoit par transparence les pièces internes qui composent la valvule cardiaque (pl. VIII, fig. 2).

Le *Ventricule chylifique* a toujours un diamètre de beaucoup supérieur à celui des autres parties du tube digestif. Chez *Meloe Majalis* en particulier, sa capacité est telle que Graber a pu dire (26) que de tous les insectes c'est certainement celui qui a le plus grand estomac (1). Dans les autres genres, sans atteindre un développement aussi considérable, il reste encore le plus volumineux des organes internes.

Allongé et de forme ovoïde chez le plus grand nombre (Cantharis, Meloe, Epicauta, Lytta, Mylabris), il est à peu près régulièrement cylindrique chez les Zonitis et Sitaris.

Chez tous, il se rétrécit plus ou moins brusquement dans son 1/3 ou son 1/4 postérieur et se termine en un renflement ovoïde ou annulaire auquel fait suite l'intestin proprement dit. C'est

(1) Il est à remarquer toutefois que cette grande capacité ne se montre que lorsque l'organe est distendu par les aliments. Chez les insectes à jeun, le volume est beaucoup moindre.

en cette région renflée (*renflement pylorique*) à son union avec le ventricule chylifique que débouchent les tubes de Malpighi.

Rarement (Zonitis, Sitaris) la surface extérieure du ventricule est lisse; ordinairement elle est marquée d'épaississements transversaux très prononcés dans les 2/3 antérieurs et qui s'atténuent un peu en arrière pour disparaître complètement dans la portion postérieure rétrécie du ventricule ainsi qu'à la surface du renflement pylorique qui est toujours lisse.

Ces épaississements annulaires ont été regardés par les auteurs (L. Dufour, Audouin, etc.) comme formés de rubans musculaires transversaux. Il n'en est rien, car ainsi que nous le montrerons plus loin, l'enveloppe musculaire de l'intestin moyen n'a qu'une faible épaisseur. Ces épaississements traduisent à l'extérieur les replis annulaires de la muqueuse sur lesquels se moule la paroi très mince de l'organe. Cela est si vrai, que dans la région pylorique du ventricule où la muqueuse cesse d'être plissée, la surface est lisse bien qu'à ce niveau les plans musculaires de la paroi acquièrent un plus grand développement. Pour se convaincre de l'erreur que nous signalons, il suffit d'ailleurs de lire le passage suivant du mémoire de Audouin :
« La paroi externe de l'estomac, offre une quantité de bande-
« lettes transversales *qui sont formées par la tunique musculaire ;*
« *cette structure est beaucoup plus sensible à l'intérieur où elle*
« *constitue des plis saillants séparés entre eux par des sillons*
« *très larges...* »

Il est évident qu'il s'agit bien là de la muqueuse. Les coupes ne laissent d'ailleurs aucun doute sur l'origine des épaississements annulaires en question.

L'*intestin proprement dit* est un tube flexueux qui sous le rapport de la forme extérieure et de la longueur présente deux types distincts :

D'une part, chez les espèces qui ne sont pas à proprement parler herbivores et qui se nourrissent principalement de pollen (*Mylabris*, *Zonitis, Sitaris*) l'intestin relativement très court se rend directement à l'anus en décrivant seulement quelques sinuosités. Avant sa terminaison, il se renfle brusquement en un réservoir pyriforme qui aboutit à l'anus par son extrémité retrécie (pl. IX, fig. 16, 18 et 19).

D'autre part, chez les espèces qui se nourrissent de feuilles

comme les Cantharis, Epicauta, Lytta, Meloe, etc., l'intestin est comparativement plus long et pour trouver place dans la cavité abdominale, se courbe en formant deux anses. On peut alors y distinguer trois parties qui se caractérisent tant par leurs dimensions que par leur direction.

La première portion, toujours la plus courte, fait immédiatement suite au ventricule chylifique. Elle s'abouche au renflement pylorique et se dirige en arrière. Après un trajet de quelques millimètres, l'intestin en faisant un coude brusque se porte en avant, en se plaçant au côté droit du ventricule. Enfin, par un nouveau coude, l'intestin reprend sa direction primitive et se porte en ligne droite vers l'extrémité postérieure du corps. Il est alors rapproché de la face dorsale de l'abdomen. La situation relative de ces trois parties de l'intestin se voit bien sur la coupe transversale de la Cantharide que nous donnons (pl. VI, fig. 11).

De ces trois portions, les deux premières sont à peu près cylindriques et ont sensiblement même diamètre chez *Cantharis, Lytta Fabricii*, *L. pensylvanica* et *Meloe*. Chez *Epicauta verticalis* la deuxième portion est fusiforme et même passablement renflée en son milieu. Quant à la troisième portion elle est ordinairement cylindrique, mais d'un diamètre presque double de celui des précédentes parties. Chez Meloe Majalis, toutefois, la forme de cette région rappelle davantage celle de la région correspondante des Mylabris et Zonitis, en ce sens que le renflement est ovoïde et limité à la partie postérieure de l'intestin. D'ailleurs, ainsi que je le montrerai plus loin la structure de cette dernière région de l'intestin ne laisse voir qu'une différence de longueur suivant les espèces. On arrive à la même conclusion, si l'on considère que c'est toujours à l'extrémité antérieure de ce renflement cylindrique ou ovoïde (*cæcum* des auteurs) que se voit l'insertion postérieure des tubes de Malpighi.

Enfin l'intestin se termine par un tube cylindrique extrêmement court et d'un petit diamètre, mais qui n'est pas à négliger, car il offre une structure interne toute particulière.

B. Structure du tube digestif.

Si après avoir ouvert le tube digestif dans toute sa longueur, on l'étale pour l'examiner à la loupe, on constate la présence de deux valvules, situées : la première (*valvule cardiaque*) à l'union

de l'œsophage et du ventricule chylifique; la seconde (*valvule pylorique*) à l'union du ventricule et de l'intestin. En outre, la surface interne de chacune des régions du tube digestif offre un aspect particulier, indice de profondes différences de structure.

Il était nécessaire pour prendre une idée exacte de la structure de ces organes, de pratiquer des coupes en série. Dans ces recherches histologiques, j'ai procédé de la manière suivante avec les espèces telles que *Cantharis vesicatoria, Epicauta verticalis, Mylabris 4-punctata* et *Meloe proscarabœus* que j'ai pu me procurer vivantes : le tube digestif était fixé par l'alcool absolu ou l'acide osmique, puis durci dans la gomme et les coupes colorées au moyen du picro-carmin ou de l'hematoxyline.

Comme agent de fixation l'acide osmique m'a donné d'excellents résultats par la méthode suivante : j'injecte dans le tube digestif en place une solution d'acide osmique au centième, puis après un contact peu prolongé, je fais un lavage à l'alcool. Il est bon pour réussir de faire les injections à la fois par l'anus et par la bouche, le jeu des valvules pouvant s'opposer au passage des liquides dans un sens ou ne cédant qu'à une pression qui peut nuire à l'intégrité des parois.

Je me suis trouvé mieux encore d'une autre méthode consistant à ouvrir dans toute sa longueur le canal alimentaire et après l'avoir étalé, à le traiter par l'acide osmique. On suit mieux ainsi l'action du réactif et on obtient d'excellentes préparations.

Mes investigations m'ont montré que les caractères généraux de structure se retrouvent à peu près semblables chez les diverses espèces sauf en ce qui concerne la structure et le développement des valvules. Je prendrai pour type la Cantharide ordinaire (*C. Vesicatoria*).

a. ŒSOPHAGE ET VALVULE CARDIAQUE.

1° **Cantharide.** — Comme chez tous les insectes, l'œsophage comprend, de dedans en dehors, trois couches nettement définies, savoir : 1° une cuticule ou revêtement chitineux interne, 2° une couche de fibres musculaires longitudinales et 3° une couche de fibres musculaires à disposition circulaire.

En dehors de cette dernière, la surface de l'œsophage est parcourue par de fines trachées englobées en partie dans une masse adipeuse qui forme une double traînée à la face ventrale et à la

face dorsale de l'organe. Cette masse adipeuse n'offre pas la même structure que celle qui enveloppe l'intestin. Elle est formée de cellules irrégulièrement polyédriques, finement granuleuses, larges d'environ 12 μ à 17 μ, et qui renferment un noyau à peu près sphérique dont le diamètre mesure 6 μ. Ce noyau qui se colore très bien par le carmin, possède le plus souvent deux nucléoles fortement réfringents. Les cellules sont groupées dans une substance fondamentale hyaline (fig. 12, pl. VI), qu'on voit par places sur les bords, se prolonger en de grèles filaments transparents. L'ensemble des cellules affecte parfois des groupements tels qu'on penserait avoir affaire à des tubes tapissés d'épithélium. Cependant jamais sur les coupes je n'ai pu obtenir des sections qui confirment cette manière de voir. J'avais pensé d'abord être en présence de quelqu'organe de secrétion, tel que glandes salivaires. Mais la disposition de ces amas de cellules à la surface des trachées, leurs caractères histologiques et la coloration noire intense qu'elles prennent sous l'action de l'acide osmique en même temps que l'absence de conduit d'aucune sorte débouchant dans l'œsophage sont, autant de raisons qui me déterminent à les considérer comme une formation à rapprocher du corps adipeux.

Sur mes coupes, non plus qu'au moyen des dissociations, je n'ai pu mettre en évidence une couche hypodermique interposée entre la cuticule et la musculeuse longitudinale. Ici comme chez les autres insectes, la cuticule repose directement sur les fibres musculaires; toutefois à partir d'une certaine distance en arrière de l'orifice buccal, la face externe ou profonde de la cuticule présente des champs polygonaux irréguliers, d'abord mal définis, puis plus arrêtés, qui offrent un aspect finement granuleux et se colorent bien en rouge par le picro-carmin.

Je n'ai trouvé dans la paroi de l'œsophage ou à son voisinage aucun élément ou organe pouvant être interprété comme glande salivaire. Les récentes recherches de M. Gazagnaire (30) sur les Glandes salivaires m'ont engagé à réétudier ce point particulier et mes études me confirment dans mon opinion première relativement aux insectes vésicants. M. Gazagnaire a décrit, en effet, des éléments glandulaires dans l'épaisseur du labre des *Dilycidæ*, et a cru pouvoir, vu leur structure, les considérer comme glandes salivaires. Je retrouve bien dans le labre de la Cantharide des

éléments glandulaires formés d'une cellule volumineuse ovoïde avec noyau nucléolé et pourvue d'un fin conduit chitineux qui partant de l'intérieur de la cellule où il forme un crochet prononcé, va après un long trajet aboutir à la surface du tégument. Or ces glandes unicellulaires s'ouvrent aux deux surfaces, supérieure et inférieure du labre, ce qui semble bien indiquer qu'elles sont simplement des glandes de la peau. Bien plus, j'ai retrouvé de semblables éléments glandulaires et les antennes dans les divers articles des pattes (cuisse, jambe, tarse), et jusque dans les élytres. Pour considérer les glandes de la face inférieure du labre comme glandes salivaires, il faudrait admettre, ce qui est possible, qu'une même forme d'éléments est susceptible de donner des produits variés (de même que chez les animaux plus élevés, nous voyons les glandes en grappes constituer un type qui se reproduit dans des organes qui donnent des secrétions très distinctes). L'abondance des glandes monocellulaires dans le labre chez la Cantharide laisse à penser tout au moins qu'elles secrètent un liquide qui s'écoulant sur les mandibules au moment de leur fonctionnement peut avoir une action mécanique sinon chimique, et aider à la trituration. Les orifices de ces glandes à la face inférieure du labre, siègent en effet de chaque côté, en avant de l'épipharynx, par conséquent immédiatement au-dessus des mandibules qui ne peuvent manquer d'être lubréfiées par la secrétion. Mais je répète que des glandes en nombre non moins grand, et absolument identiques, débouchent à la face supérieure du labre.

Les deux couches musculaires de l'œsophage, sont superposées sans interposition d'aucun tissu apparent entre elles. La *couche musculeuse interne* est composée de fibres striées longitudinales disposées côte à côte en une sorte de membrane. Cet arrangement s'observe fort bien à travers la cuticule lorsqu'on examine une préparation d'un œsophage ouvert et étalé. La paroi semble alors striée longitudinalement, apparence due aux lignes de séparation des fibres longitudinales. Sur les coupes transversales on se convainct que cette musculeuse interne est fort peu épaisse. Elle n'est formée en effet que d'un ou deux plans de fibres sauf au niveau de certains replis de la cuticule dont nous parlerons tout à l'heure, où les fibres musculaires se groupent en petits faisceaux entre les deux lames de la cuticule qui par leur adossement forment ces replis.

La *musculeuse externe* est composée de fibres circulaires. Elle comprend deux ou trois plans de fibres superposés et a une épaisseur moyenne de $0^{mm},010$ environ.

Cuticule. — La cuticule consiste en un revêtement chitineux épais d'environ 6 μ à 7 μ,5 appliqué à la face interne de la couche des fibres musculaires longitudinales. Incolore et transparente, cette cuticule est relevée à sa surface de prolongements en forme de poils qui font saillie dans la cavité de l'œsophage et qui disposés en rangées régulières (fig. 25, pl. VI) reposent sur des épaississements ondulés de la membrane chitineuse. Ces appendices cuticulaires sont coniques et très aigus; les uns, sont simples, d'autres sont composés, c'est-à-dire qu'une ou deux éminences plus petites se voient à leur base et les font ressembler quelque peu aux dents de certains squales.

Toute la surface de la cuticule n'est pas ainsi hérissée. En effet, si l'on examine des coupes transversales de la partie antérieure de l'œsophage (fig. 2, pl. VI), on voit qu'en une région qui correspond à la face ventrale de cet organe, la cuticule se relève pour former trois replis saillants, dont un médian plus élevé que les deux latéraux. Ces deux replis sont assez écartés l'un de l'autre et délimitent deux sortes de gouttières parallèles dont les bords accolés sont représentés par le repli médian et dont le fond formé par la paroi chitineuse paraît lisse. Il ne l'est pas cependant. Si l'on examine un œsophage ouvert et étalé, on constate en effet que si ces gouttières sont dépourvues des saillies cuticulaires qui hérissent le reste de la surface interne de l'œsophage, elles sont par contre renforcées d'épaississements linéaires transversaux qui donnent tout d'abord la sensation de deux grosses trachées accolées. Ces lignes d'épaississement s'arrêtent à la base des replis et la surface saillante de ceux-ci (fig. 15, pl. VI) est hérissée comme le reste du revêtement chitineux. Sur ces mêmes préparations, on peut voir que le repli médian à la forme d'une crête saillante plus épaisse à son sommet qu'à sa base et à peu près rectiligne ou à peine ondulée, tandis que les replis latéraux moins élevés sont très sinueux et comme étranglés de place en place.

Telles sont les particularités que présente la cuticule de l'œsophage dans sa partie antérieure. On peut suivre les trois replis qui y apparaissent et que je désignerai sous le nom de *replis*

de premier ordre jusqu'à l'extrémité postérieure de l'organe.

Les coupes faites en arrière des précédentes montrent que de nouveaux replis apparaissent bientôt dans la zone qui en est dépourvue. C'est d'abord et bien avant tous les autres un repli qui occupe le voisinage de la ligne dorsale de l'œsophage et qui par conséquent est opposé au repli médian décrit plus haut. Ce sera le quatrième repli de premier ordre. Enfin, sur les coupes pratiquées au voisinage du point où commence le ventricule chylifique on constate que quatre nouveaux replis (*replis de second ordre*) ont pris naissance. Ceux-ci se sont interposés entre les replis primaires, de manière à diviser les espaces qui les séparaient en deux parties à peu près égales, de telle sorte (fig. 3 et 4, pl. VI) qu'on se trouve en présence de quatre gouttières rigides, au lieu de deux qui existaient primitivement.

Le niveau où apparaissent les replis secondaires est celui où commence la partie de l'œsophage que je désigne sous le nom de *valvule cardiaque.*

En effet l'œsophage arrivé au contact de l'estomac ne se continue pas directement avec cet organe. Il pénètre par son orifice cardiaque et se prolonge dans sa cavité sur une longueur de 1 millimètre à peine. C'est cette portion intra-stomacale de l'œsophage que j'appelle *valvule cardiaque*, et on va voir qu'elle mérite bien ce nom. Sur les coupes transversales en effet (fig. 4, pl. VI) on constate que la musculeuse interne à fibres longitudinales a disparu presque complètement et est réduite aux extrémités effilées de ses faisceaux, mais que par contre la musculeuse externe à fibres circulaires a pris un grand développement. Beaucoup plus épaisse que dans l'œsophage proprement dit car elle mesure $0^{mm},030$, elle forme un véritable *sphincter*. On ne peut douter du rôle de sphincter que joue cette couche musculaire lorsqu'on divise longitudinalement la valvule pour l'étaler sur une lame de verre. On n'arrive alors, en effet, qu'avec les plus grandes difficultés à faire de bonnes préparations, car les bords divisés ont une tendance presque invincible à se rapprocher, ce qui n'a point lieu pour l'œsophage proprement dit.

Le revêtement chitineux de la valvule montre les huit replis dont il a été question plus haut, et l'on voit sur les coupes transversales (fig. 4, pl. VI) que les quatre replis primaires s'étalent à

leur extrémité libre et semblent se bifurquer irrégulièrement. On s'explique bien cette disposition en examinant la valvule à plat (fig. 15, pl. VI). J'ai reproduit dans cette figure trois des replis de premier ordre et les deux replis de second ordre qui leur sont interposés. On voit qu'à leur extrémité terminale, c'est-à-dire dans presque toute la hauteur de la valvule, les replis de premier ordre s'étalent en une sorte de lame foliacée parallèlement à la paroi chitineuse. L'un des bords de cette feuille est plus étalé que l'autre. C'est ce qu'indique la bifurcation irrégulière des replis sur les coupes transversales. Quant aux replis de second ordre, ils sont un peu plus saillants et moins largement étalés.

Je n'ai pas figuré le quatrième repli de premier ordre et les deux autres replis de second ordre, car ils n'offrent rien de particulier, sauf que la paroi chitineuse dans les espaces qui les séparent n'est pas renforcée d'épaississements transversaux, mais est hérissée de petites pointes coniques.

A mesure qu'on se rapproche du bord libre de la valvule, épaississements et pointes disparaissent pour faire place à un très fin réticulum. Comme on le voit sur la figure, le bord libre de cette valvule est régulièrement festonné, les extrémités de chacun des replis se prolongeant dans une sorte de lobe convexe. Il y a ainsi quatre lobes convexes de grande taille correspondant aux quatre replis de premier ordre et quatre dépressions qui alternent avec eux. Dans le fond de chacune de ces dépressions on trouve un petit lobe convexe qui dépend du repli de second ordre correspondant. Ainsi s'explique cette phrase par laquelle Audouin (loc. cit.) décrivait la valvule cardiaque de la Cantharide : « l'œsophage se prolonge intérieurement dans l'es-« tomac en un bourrelet conique et tronqué offrant un *ouver-« ture valvulaire en rosace et à quatre échancrures cordi-« formes.* » C'est bien en effet (fig. 16, pl. VI) la forme à laquelle donnent lieu les huit lobes susdits rapprochés.

Il me reste à établir comment se fait la continuité de l'œsophage et de l'estomac.

On pourrait croire que les diverses couches qui composent la paroi de l'œsophage passent directement dans celles de l'estomac. Il n'en est rien cependant. J'ai dit en effet que les musculeuses de l'œsophage se continuent dans la valvule, et je puis

ajouter qu'elles ne sont pas en continuité avec celles de l'estomac. On sait d'ailleurs que les couches musculaires du ventricule chylifique sont disposées dans un ordre inverse par rapport à celles de l'œsophage. Voici en réalité comment les choses se passent :

Lorsque j'examinai pour la première fois les coupes transversales de la valvule cardiaque comprenant à la fois la paroi du ventricule chylifique et celle de la valvule, puisque cette dernière est intra-ventriculaire, je fus très intrigué par la présence d'une zone sinueuse épaisse par places de $0^{mm},077$ qui sépare le sphincter valvulaire de la muqueuse du ventricule. Cette zone est formée (fig. 4, pl. VI) en dehors, d'une cuticule hyaline et fortement réfringente, ne mesurant pas moins de $0^{mm},020$ en épaisseur, et en dedans au contact avec la valvule, d'une assise de cellules épithéliales cylindriques. J'eus bientôt l'explication de cette particularité, par l'examen des coupes longitudinales. On peut voir sur ces coupes (fig. 21, pl. VI) qu'au bord libre de la valvule, la cuticule de l'œsophage est en continuité avec une lame cuticulaire qui se réfléchit en avant vers l'extrémité cardiaque du ventricule chylifique pour se continuer avec le revêtement chitineux très mince de la muqueuse de cet organe. Cette lame cuticulaire qui établit l'union entre l'œsophage et le ventricule, est séparée de la musculeuse externe de l'œsophage par une assise de cellules épitheliales. Celles-ci, dans la portion voisine du bord libre de la valvule sont à peine apparentes ; mais peu à peu elles se dessinent mieux, et au niveau où l'œsophage pénètre dans l'estomac elles affectent la forme de cellules cylindriques, très allongées, pressées les unes contre les autres et pourvues d'un noyau arrondi. Ces cellules sont très semblables à celles de la muqueuse du ventricule et sont en continuité avec elles. En ce même point, la cuticule sur laquelle elles reposent s'épaissit en formant une espèce de bourrelet convexe au dehors qui peut-être est destiné à s'opposer à une désinvagination de la valvule.

Quant à la forme ondulée qu'affecte sur nos coupes transversales cette lame d'union, elle s'explique par ce fait que la valvule y est en état de contraction. Dans l'état de dilatation, ces ondulations disparaissent. Il est également à remarquer que dans les mouvements de la valvule s'il y a frottement contre la mu-

queuse du ventricule, c'est cuticule contre cuticule qu'a lieu ce frottement puisque la membrane d'union double la valvule en dehors. Cette membrane d'union me semble pouvoir prendre le nom d'*enveloppe perivalvulaire*.

En résumé, la valvule cardiaque est un prolongement de l'œsophage dans la cavité du ventricule chylifique. Le rôle que joue cette valvule sera étudié plus tard.

2° **Mylabris 4-punctata** (pl. IX). — Chez Mylabris 4-punctata, l'œsophage et la valvule cardiaque diffèrent assez peu des mêmes parties que nous venons de décrire chez la Cantharide.

La *cuticule* de l'œsophage se fait remarquer toutefois par une moindre épaisseur dans toute son étendue. Hérissée dans sa partie antérieure, elle est glabre dans les régions moyenne et postérieure où commencent à apparaître les replis qui concourent à former l'armature de la valvule. Dans ces régions (fig. 22, pl. IX), les espaces séparés par les replis sont relevés d'épaississements transverses plus ou moins régulièrement anastomosés entre eux, plus écartés d'ailleurs et moins forts que ceux que j'ai figurés chez la Cantharide. La surface seule des replis est alors hérissée de prolongements chitineux épars, hyalins, aigus, longs et grêles, recourbés au sommet et dirigés irrégulièrement dans tous les sens suivant la manière d'être générale des poils ou des prolongements chitineux chez les Mylabres.

La *valvule cardiaque* est comme chez la Cantharide, formée de huit replis dont quatre de premier ordre et quatre de second ordre. Je reproduis (fig. 21, pl. IX) une coupe transversale de cette valvule à son extrémité antérieure en avant du bourrelet formé par la *membrane perivalvulaire* qui offre ici les mêmes caractères que précédemment. D'autre part, on peut voir sur la figure 22 qui représente une portion de la valvule étalée, que les replis dont elle est pourvue prennent une forme assez particulière.

Les replis de premier ordre s'étalent en forme de folioles lancéolées, rattachées à la paroi par un de leurs bords. Il en est ainsi au moins dans leur partie la plus proche du bord libre de la valvule. Plus en avant, les replis ne s'étalent plus de même, mais ils sont plus élevés ainsi qu'on le voit dans la coupe transversale (fig. 21, pl. IX). Quant aux replis de second ordre, qui

alternent avec les précédents, ils sont beaucoup moins larges et moins élevés, et ils ne prennent naissance que dans la région valvulaire proprement dite de l'œsophage.

Le bord libre de la valvule ainsi constituée est festonné régulièrement. Quatre saillies convexes correspondant aux grands replis alternent avec quatre saillies plus petites auxquelles aboutissent les quatre replis de second ordre.

Enfin le sphincter est très developpé et les fibres musculaires circulaires qui le forment au lieu de disparaître comme chez la Cantharide, à une certaine distance du bord libre de la valvule, forment une couche continue qui s'étend jusqu'à la limite de ce bord.

3° **Genre Meloe.** — J'ai eu l'occasion d'étudier trois espèces du genre Meloe, savoir : les *M. Majalis, M. Proscarabæus* et *M. angusticollis.* Tous trois m'ont offert des caractères à peu près identiques et qui diffèrent notablement de ceux que j'ai observés dans les précédents genres.

Je prendrai pour type le *Meloe Majalis* (1).

Meloe Majalis. — Léon Dufour (25) a étudié cet insecte, mais la description qu'il donne de la valvule cardiaque est très succincte et la figure qui l'accompagne est absolument schématique.

Je rappelle d'abord que l'œsophage, cylindrique dans sa partie antérieure, se renfle au voisinage du ventricule chylifique (voir la fig. 15, p. VII).

Dans la portion cylindrique, la cuticule déjà assez épaisse offre à sa surface libre des champs irrégulièrement polyédriques et à surface bombée, disposés en une sorte de pavage régulier et qui supportent chacun de cinq à six petits prolongements chitineux cylindriques d'inégale hauteur (fig. 6, pl. VII). Bientôt on voit apparaître, sur les coupes les replis de la cuticule, et au voisinage de la partie renflée de l'œsophage, ces replis constituent quatre groupes, bien distincts, également espacés, opposés en croix et formés chacun de trois replis saillants dans la cavité œsophagienne (fig. 3, pl. VII). La cuticule entre ces trois replis est

(1) Je saisis avec empressement cette occasion pour remercier bien sincèrement mon savant ami le professeur Ricardo José Gorriz J. Munoz, de la faculté de pharmacie de Madrid. C'est grâce à ses soins que j'ai pu recevoir en bon état de conservation dans un mélange de glycérine et d'alcool les échantillons de Meloe Majalis qui ont servi à mes recherches.

épaisse, excavée, et l'ensemble constitue deux gouttières parallèles accolées par un de leurs bords. Le fond de ces gouttières est glabre, mais renforcé d'épaississements transverses. Il existe donc, au total, douze replis cuticulaires qui engendrent quatre paires de gouttières accolées deux à deux. Lorsqu'on examine des coupes pratiquées un peu plus loin en arrière, on constate que quatre replis de deuxième ordre, très peu élevés, apparaissent entre les groupes de premier ordre, ci-dessus décrits. Somme toute, la cuticule de l'œsophage dans sa région postérieure offre *seize replis* qui vont constituer l'armature de la valvule cardiaque. A ne considérer chaque groupe de trois replis primaires que comme le représentant d'un repli primaire de la valvule cardiaque chez la Cantharide et le Mylabre, on voit qu'on peut ramener à huit le nombre des replis chitineux, dont quatre primaires, trifides et quatre secondaires simples, nombre égal à celui qui existe chez les deux genres précédents.

A mesure qu'on se rapproche de l'estomac, le fond des gouttières s'épaissit considérablement, prend une consistance cornée et une coloration noire (fig. 3 et 4, pl. VII). Les bords libres des replis composants restent toutefois incolores et la chitine qui les revêt est relevée de petits mamelons garnis de tubercules courts et obtus (fig. 7, pl. VII).

Si l'on examine les coupes transversales de la région renflée de l'œsophage, on constate qu'à ce niveau le repli médian de chaque groupe de premier ordre qui primitivement était le moins élevé s'est considérablement exhaussé au point de dépasser les deux replis latéraux. En même temps les deux lames de la cuticule qui, par leur adossement, forment ce repli médian s'écartent, et les bords des gouttières chitineuses qu'elles limitent se réfléchissent en dehors tendant ainsi à transformer chaque gouttière en un cylindre. C'est ce qu'on voit très bien encore sur la fig. 1, pl. VII à l'extrémité antérieure des gouttières de la valvule étalée.

Dans la région moyenne de la valvule, il n'en est plus de même, et les bords contigus des gouttières se redressent. Enfin, à l'extrémité postérieure, le repli médian s'étale en une lame foliacée hérissée de petits tubercules. L'existence de cette lame foliacée vient à l'appui de la comparaison que je cherchais à établir plus haut entre ces groupes de trois replis de la valvule du Meloe Ma-

jalis et les replis de premier ordre des valvules de la Cantharide et du Mylabre. Ces replis de premier ordre ont, en effet, nous l'avons vu, une forme tout à fait semblable.

En examinant la fig. 1, pl. VII on se rend bien compte de la forme des gouttières. On voit qu'à leur extrémité antérieure elles s'écartent un peu l'une de l'autre pour se rapprocher en arrière, et qu'à leur extrémité postérieure elles se terminent par un bord profondément concave. Elles répondent à cette description de L. Dufour : « l'armature consiste en quatre pièces principales résultant chacune de l'adossement de deux cylindres creux tridentés en arrière. » En réalité ce ne sont pas des cylindres, mais des gouttières.

La valvule ainsi composée est pourvue d'un sphincter puissant qui occupe sa moitié antérieure. Elle est doublée comme chez la Cantharide et le Mylabre d'une membrane périvalvulaire (fig. 5, pl. VII) qui établit la continuité de l'œsophage et du ventricule chylifique. Son bord libre, enfin, présente quatre saillies correspondant aux quatre petits replis de deuxième ordre et alternant avec les extrémités trifides des quatre groupes formés par les replis de premier ordre.

J'ai figuré (fig. 2, pl. VII) l'orifice ventriculaire de la valvule cardiaque. On voit que cet orifice rappelle beaucoup par sa forme générale celui de la valvule de la Cantharide. C'est une sorte de rosace à échancrures cordiformes.

La longueur de la valvule ainsi constituée est de $1^{mm},75$ environ.

Meloe proscarabœus. — La valvule cardiaque, chez cette espèce offre exactement la même disposition que chez le Meloe Majalis. Les gouttières sont seulement moins épaisses, moins dures et elles ne sont pas colorées en noir. Je reproduis une portion de cette valvule, fig. 16, pl. VII. Cette figure me dispense d'entrer dans de plus longs détails.

Meloe angusticollis (1). — Chez cette espèce on observe quelques modifications de détails qui peuvent se résumer de la façon suivante :

(1) J'adresse mes meilleurs remerciements à mon cher ami J. Turcas, négociant à New-York, qui m'a fait parvenir en excellent état de conservation des Meloe angusticollis, Lytta Fabricii, Lytta Pensylvanica, etc. C'est à lui que je dois d'avoir pu étendre ainsi mes recherches.

Les replis de deuxième ordre prennent naissance très en avant dans l'œsophage. Ils sont élevés, sinueux et se terminent dans la région valvulaire en une lame ayant la forme d'une foliole lanceolée bifide à sa pointe et placée parallèlement à la paroi.

Les replis de premier ordre sont beaucoup plus courts, sauf l'un d'eux qui, on le voit dans la figure que je donne de la valvule étalée (fig. 17, pl. VII) prend naissance dans la partie antérieure de l'œsophage.

Quoiqu'il en soit, tous ces replis de premier ordre donnent lieu chacun à une paire de gouttières accolées dont les détails rappellent ceux que j'ai décrits à propos du Meloe Majalis. Toutefois, en avant, ces gouttières sont plus irrégulières, et à leur extrémité postérieure elles sont moins profondément concaves. J'ajouterai que les épaisissements qui les forment sont moins puissants que chez le Meloe Majalis et qu'ils sont incolores.

Je figure (pl. VII, fig. 18) des coupes partielles de cette armature. La figure 18 représente une coupe faite au niveau *a* de la gouttière (voir *a* fig. 17). On peut remarquer que le repli médian interposé aux deux gouttières est étalé à son bord libre. On voit également en dehors de la couche de fibres musculaires circulaires que la valvule est doublée comme chez les autres espèces d'un repli chitineux avec couche épithéliale.

La fig. 19 pl. VII qui reproduit une coupe transversale partielle faite au niveau *c* de la valvule (voir fig. 17 *c*) montre les modifications qu'ont subi les replis dans cette région postérieure de l'organe.

Enfin, je donne pl. VII, fig. 20 une coupe transversale totale de la valvule qui montre les rapports de situation et de grandeur des seize replis dans la région antérieure de celle-ci.

4° **Epicauta verticalis.** — Chez cette espèce, la structure de l'œsophage se fait remarquer par un développement assez grand de la musculeuse interne. L'hypoderme est aussi bien moins rudimentaire que précédemment. Sauf dans la partie tout à fait antérieure du préintestin où on n'aperçoit aucune trace de cellules épithéliales au-dessous de la cuticule, dans tout le reste de l'organe ces cellules sont faciles à mettre en évidence. Tout d'abord leurs contours sont mal définis, mais elles se reconnaissent à leur corps cellulaire granuleux contenant un

noyau sphérique, qui se colore bien par le picro-carmin. A mesure qu'on se rapproche davantage du ventricule chylifique, le contour des cellules s'accuse plus nettement. Elles sont aplaties, irrégulièrement polyédriques, et remplissent exactement chacun des champs polygonaux dont est ornée la cuticule.

Cette cuticule offre également quelques particularités intéressantes. Elle mesure environ 8 μ d'épaisseur. Dans la région antérieure du tube œsophagien, elle est marquée de dessins polygonaux qui portent sur un de leurs bords de petites saillies chitineuses courtes, obtuses, dirigées en arrière de telle sorte que cette partie du conduit présente intérieurement une sorte de brosse à poils renversés en arrière de manière à empêcher les aliments de revenir vers l'orifice buccal. Plus en arrière, le dessin polygonal subsiste, mais les prolongements piliformes disparaissent.

Dans presque toute son étendue la cuticule de l'œsophage présente des replis saillants. Ceux-ci concourent à former une valvule cardiaque dont la structure est assez différente de celle des valvules que j'ai étudiées précédemment pour constituer un type à part que je vais décrire avec quelques détails.

Dans la région antérieure de l'œsophage, la lumière du conduit alimentaire est, comme on le voit sur la coupe transversale (fig. 3, pl. VIII) occupée par huit *replis* d'inégale hauteur formés, comme toujours par adossement de la lame chitineuse interne à elle-même, avec interposition de faisceaux musculaires longitudinaux aux deux lames adossées.

De ces huit replis, quatre de premier ordre sont plus saillants et plus riches en fibres musculaires; les quatre autres, de second ordre, ne sont encore accusés que par un soulèvement de la cuticule.

Sur les coupes transversales qui intéressent la région moyenne de l'œsophage (fig. 4) on observe déjà de profondes modifications: les quatre replis de premier ordre se sont compliqués par l'apparition d'un petit repli de chaque côté de leur base. Il y a donc en tout maintenant seize replis, dont douze de premier ordre disposés par groupes de trois, et quatre de second ordre alternant avec ces groupes.

Un peu plus en arrière, dans la partie légèrement renflée de

l'œsophage, qui précède le ventricule chylifique, les coupes montrent subitement d'importants changements dans la structure des replis (fig. 5, pl. VIII). Trois des groupes de premier ordre se sont organisés de telle sorte qu'ils figurent chacun la coupe de deux gouttières accolées, tout à fait comparables à celles que j'ai décrites chez les Meloe. Le fond de ces gouttières s'est considérablement épaissi, et la chitine qui le forme est dure, de consistance cornée et colorée en brun foncé. Quant au quatrième groupe de premier ordre (o^1), il est resté dans son état primitif. Si l'on oriente la coupe, on constate que ce groupe *avorté* pour ainsi dire, occupe la face dorsale de l'œsophage; les trois autres groupes étant disposés à peu près à égale distance sur les faces ventrale et latérales droite et gauche. Quant aux replis de second ordre, ils sont allongés et proéminent largement. Il est encore à remarquer sur ces coupes que les replis médians des trois groupes de premier ordre en voie d'évolution sont bifurqués à leur sommet et qu'ils s'étalent parallèlement à la paroi de l'œsophage, tendant ainsi à rejoindre les replis latéraux et à transformer les gouttières en cylindres. Cette apparence des coupes transversales, déjà rencontrée chez d'autres espèces, s'explique de la même manière. Il suffit en effet de jeter les yeux sur la figure (fig. 1, pl. VIII), que je donne de l'œsophage entier et grossi, pour voir qu'au niveau *c* où passe la coupe, chaque paire de gouttières est recouverte d'une sorte de foliole à bords ondulés et à surface hérissée, qui résulte de l'étalement du repli médian en question. Ces folioles mesurent environ $0^{mm},53$ de longueur sur $0^{mm},23$ dans leur plus grande largeur.

En arrière de ces folioles, dans la région *c* (fig. 6, pl. VIII) qui correspond au point de pénétration de l'œsophage dans le ventricule et par conséquent à l'extrémité antérieure de la valvule cardiaque, les coupes transversales montrent les modifications suivantes : le repli médian de chaque groupe de premier ordre s'est presque complètement affaissé, tandis que les replis latéraux ont pris plus de développement; la coupe de chaque paire de gouttières rappelle la lettre grecque ω. Aucune modification dans les replis de second ordre.

Plus en arrière, au niveau *d* de la figure 1, pl. VIII, les coupes montrent que le fond des gouttières diminue de largeur, mais

s'épaissit davantage. On constate en même temps que l'œsophage est engagé dans le ventricule chylifique, dont la muqueuse se voit au dehors du prolongement œsophagien. Les fibres musculaires longitudinales du préintestin ont à peu près disparu complètement ; par contre, les faisceaux de muscles circulaires sont très développés, et se sont subdivisés en trois arcs qui s'étendent entre chaque groupe de replis de premier ordre. Il y a en somme à ce niveau interruption de la musculeuse externe au niveau des gouttières chitineuses. L'arc musculaire dorsal est moins épais que les deux autres, mais il est beaucoup plus étendu car il s'étale sur toute la surface dorsale de l'organe comprise entre chacune des gouttières latérales. On voit également sur cette coupe la membrane périvalvulaire qui s'interpose à la valvule cardiaque et à la muqueuse du ventricule. Cette membrane présente la même structure que chez les insectes précédemment étudiés.

Plus en arrière, les choses changent d'aspect. On voit sur la coupe que représente la figure 7, pl. VIII, que les gouttières chitineuses se réduisent à des prismes épais, à section triangulaire, fortement colorés en noir, disposés par paires comme toujours, mais un peu écartés l'un de l'autre. Encore un pas et la séparation devient complète entre chacun des prismes. Cette séparation s'opère bientôt en effet (fig. 8 et 9, pl. VIII). Alors la valvule qui précédemment était cylindrique s'est divisée en trois lobes inégaux savoir : un lobe dorsal, très large, qui porte en son milieu le repli de premier ordre avorté, et deux autres plus petits, à peu près égaux.

Chacun de ces lobes est bordé de part et d'autre par une tige prismatique triangulaire cornée et noire, qui lui forme comme un cadre. L'apparition de ces lobes étant le résultat de la division qui s'est opérée entre les deux gouttières de chaque groupe de replis de premier ordre, il en résulte que chacun d'eux est limité par deux tiges épaisses appartenant l'une et l'autre à deux groupes différents de replis.

En examinant cette même coupe transversale (fig. 9, pl. VIII) on se rend bien compte de la façon dont se comporte la lame périvalvulaire. Cette lame se divise, elle aussi, en trois lobes qui doublent extérieurement les trois lobes de la valvule. L'union de la lame avec les lobes se fait au point de rupture de la cuticule

œsophagienne, de telle sorte qu'il n'y a aucune solution de continuité entre le revêtement chitineux de l'œsophage et celui du ventricule.

J'ai figuré à un fort grossissement (fig. 10, pl. VIII) la coupe de la marge de l'un des lobes de la valvule cardiaque. On voit à l'union des deux lames chitineuses valvulaire et périvalvulaire l'épaississement corné qui contient le bord du lobe de la valvule; on constate en outre que les cellules épithéliales de la lame périvalvulaire sont aplaties en ce point et très semblables à celles de l'hypoderme de la valvule, tandis que plus en avant, dans la région où cette lame forme un bourrelet (fig. 7, pl. VIII), elles sont allongées et cylindriques. Je reproduis d'ailleurs une coupe longitudinale de cette région du tube digestif (fig. 13, pl. VIII) d'après laquelle on peut voir que la lame périvalvulaire se comporte chez Epicauta verticalis, absolument comme chez les autres Vésicants.

En résumé, la valvule cardiaque de l'Epicauta verticalis est constituée de même que chez tous les Vésicants que j'ai pu examiner, par huit replis du revêtement chitineux de l'œsophage. Semblablement à ce qui a lieu chez les Meloé, les quatre replis de premier ordre se compliquent par l'apparition de deux replis à leur base de manière à former chacun une paire de gouttières accolées et parallèles. Mais, tandis que chez les Meloe quatre paires de gouttières étaient ainsi composées, trois paires seulement se constituent définitivement chez Epicauta verticalis, par suite de l'avortement du repli dorsal de premier ordre. Somme toute, les huit replis primitifs ont finalement engendré seize replis comme chez les Meloe.

Les trois paires de gouttières qui forment l'armature de l'œsophage de l'Epicauta sont recouvertes comme chez les Meloe, à leur partie antérieure, par des appendices foliacées. Ces appendices occupent la région un peu renflée de l'œsophage qui précède immédiatement le ventricule. Dans la région valvulaire, proprement dite, qui est engagée dans le ventricule, les gouttières primitivement larges et accolées se réduisent bientôt à des tiges qui s'écartent l'une de l'autre et divergeant de plus en plus, limitent les lobes de la valvule. Les pièces de l'armature œsophagienne consistent donc (fig. 1) en une tige postérieure, grêle, allongée, terminée antérieurement par une sorte de

manche creusé en gouttière. La longueur des gouttières est de 1mm,05, celle des tiges et par suite des lobes de la valvule atteint 2mm,025. *C'est l'addition de ces tiges aux manches qui fait toute la différence d'avec l'armature des Meloe.* Le type de la valvule de l'Epicauta ne diffère en réalité du type étudié chez les Meloe que par l'addition de lobes à la valvule cylindrique, ou mieux, par l'allongement des lobes qui festonnent le bord libre de celle-ci chez les Meloe. En tenant compte de l'avortement de l'un des replis de premier ordre chez Epicauta, on ne peut nier la concordance absolue qui existe entre les deux types. C'est d'ailleurs à l'avortement de ce repli dorsal qu'est due l'inégalité des trois lobes de la valvule de l'Epicauta, inégalité telle que le lobe dorsal égale à peu près à lui seul en largeur les deux autres lobes réunis.

J'ai parlé plus haut du sphincter formé par la musculeuse externe de l'œsophage. J'ai dit qu'il constitue vers la partie antérieure de chaque lobe de la valvule une lame transversale allant d'un bord à l'autre de ce lobe. Il me faut ajouter que dans la partie qui précède immédiatement ces lobes et qui répond au niveau des gouttières cornées, la musculeuse externe est très puissante, et qu'elle y forme un sphincter complet. En outre, à la hauteur des lames foliacées qui recouvrent les gouttières, on observe entre les gouttières de chaque paire un faisceau de fibres *musculaires obliques* (*mo* fig. 1, pl. IX) qui se fixent directement aux bords contigus de ces gouttières et à la face externe de la lame foliacée. Nul doute que ces faisceaux obliques ne doivent avoir un rôle dans le jeu des pièces de la valvule. Peut-être sont-ils des antagonistes du sphincter. Ces muscles obliques ne sont d'ailleurs pas particuliers à la valvule cardiaque de l'Epicauta. Je les ai retrouvés également chez les Meloe, et j'ai particulièrement pu bien les examiner chez Meloe Angusticollis.

3° **Lytta Fabricii** (*Lec.*). — Chez cette espèce américaine, la valvule cardiaque appartient absolument au type que je viens de décrire chez Epicauta Verticalis. Les figures que je donne (pl. IX, fig. 1 à 6) et qui reproduisent les coupes transversales de l'œsophage et de la valvule faites à différents niveaux, me dispensent d'entrer dans de plus longs détails.

Je ferai remarquer toutefois qu'ici les replis de second ordre

font complètement défaut ainsi que le repli dorsal de premier ordre. Je ne trouve sur les coupes que trois groupes de replis de premier ordre constituant, comme le montre la figure d'ensemble de la valvule étalée (fig. 1, pl. IX), une armature de trois pièces chitineuses, noires et cornées absolument semblables à celles de l'Epicauta verticalis. Les lobes de la valvule longs de 2 millimètres sont plans et doublés extérieurement par la lame périvalvulaire comme on le voit sur la coupe transversale que je reproduis (fig. 4, pl. IX).

Ajoutons enfin, que la cuticule de l'œsophage, dans la région antérieure présente une sorte de pavage formé de mamelons hémisphériques supportant chacun une ou deux saillies courtes et obtuses.

6° **Lytta pensylvanica** (Lec.) — Cette espèce donne lieu aux mêmes observations que la précédente. La valvule est formée de trois lobes et armée des mêmes pièces que ci-dessus. Toutefois, ces pièces sont moins dures et de coloration plus pâle. La longueur de ces pièces est de $0^{mm},8$ environ. Les lobes de la valvule mesurent eux-mêmes $1^{mm},20$. Ils sont proportionnellement un peu plus allongés que chez l'espèce précédente.

En résumé, chez tous les Vésicants phytophages qu'il m'a été donné d'examiner, le préintestin est pourvu d'une valvule qui fait saillie dans le ventricule chylifique. L'armature qui accompagne cette valvule, est parfois très puissante et présente des aspects variés, mais elle a toujours pour point de départ huit *replis* de la cuticule de l'œsophage. Ces huit replis concourent seuls à former la valvule cardiaque chez Mylabris et chez Cantharis vesicatoria. Ils se compliquent et donnent lieu à un total de seize replis chez Meloe, Epicauta et Lytta. Dans ce dernier genre toutefois, les replis de second ordre peuvent manquer, et le premier repli de premier ordre qui tend à avorter chez Epicauta, disparaît complètement chez Lytta.

Le groupement des replis cuticulaires donne lieu à une paire de gouttières ventrales chez la Cantharide, à quatre paires de gouttières chez les Meloe, et à trois paires chez les Epicauta et les Lytta (1).

(1) On remarquera que les gouttières ventrales du préintestin de la cantharide ne sont pas absolument comparables à celles des Meloe, Epicauta, etc. Ces dernières, en

Ajoutons que chez ces deux derniers genres trois lobes allongés et inégaux terminent la valvule.

Il m'a été impossible, faute de sujets en bon état de conservation, de poursuivre cette étude chez tous les genres de la tribu des Vésicants, toutefois il paraît certain que chez les espèces qui se nourrissent plutôt de pollen ou des parties les plus tendres des fleurs, la valvule cardiaque et l'armature du préintestin sont réduites à leur plus simple expression.

Il en est ainsi, par exemple, chez le *Sitaris humeralis* et le *Cerocoma Schreberi*. La valvule consiste alors en un court prolongement de l'œsophage dans le ventricule en une sorte de rebord à peine festonné.

Les replis formés par la cuticule, rudimentaires chez le Cerocome, un peu plus marqués chez le Sitaris où ils sont hérissés de pointes chitineuses aiguës ne m'ont offert aucune particularité notable.

b. VENTRICULE CHYLIFIQUE (*intestin moyen*).

Chez tous les insectes vésicants que j'ai pu examiner j'ai trouvé la structure du ventricule chylifique identique dans ses points essentiels.

Dans la description qui va suivre, je prendrai pour type la Cantharide ordinaire. Je rappelle que toutes mes observations ont été faites sur des pièces fixées par l'acide osmique concentré ou par l'alcool absolu, et j'ajoute que l'emploi du picro-carmin m'a donné d'excellents résultats.

La paroi du ventricule chylifique comprend cinq couches qui sont, de dedans en dehors : 1° une cuticule; 2° un épithélium; 3° une couche conjonctive et folliculeuse; 4° une musculeuse et 5° une séreuse.

Les trois premières peuvent être considérées comme constituant la muqueuse proprement dite; en tous cas, lorsque je me servirai du terme « *muqueuse* », je ferai allusion à l'ensemble de la cuticule, de l'épithélium et de la couche conjonctive avec ses follicules.

Lorsqu'on ouvre le ventricule chylifique, on constate que sa

effet, résultent d'une trifurcation de replis de premier ordre, tandis que celles de la cantharide sont dues à une modification de la cuticule dans l'espace qui sépare deux replis de premier ordre et à l'interpositon de l'un des replis de second ordre.

surface interne est marquée de sallies circulaires plus apparentes encore et beaucoup plus élevées que celles qu'on observe à la surface extérieure (voir plus haut, page 3). Des coupes longitudinales pratiquées sur l'organe, montrent qu ces saillies sont dues à des replis circulaires de la muqueuse. On peut compter vingt-cinq à trente de ces replis formés par adossement de la muqueuse à elle-même et plus ou moins saillants dans la cavité ventriculaire. Les plus élevés sont ceux des régions antérieure et moyenne du ventricule; vers l'extrémité postérieure ils s'effacent insensiblement et deviennent bientôt tellement bas qu'ils n'ont guère plus que la hauteur des cellules épithéliales. Toutefois, chez la Cantharide, à cette région presque lisse, succèdent à quelques millimètres du renflement terminal où s'abouchent les tubes de Malpighi, deux ou trois replis presque aussi élevés que ceux de la région moyenne.

Quoiqu'il en soit, ces replis très serrés et à peu près régulièrement parallèles entre eux déterminent à la surface interne du ventricule ces alternances régulières de saillies et de dépressions circulaires dont nous parlions tout à l'heure. On pourrait leur appliquer très exactement le nom de valvules conniventes. Extérieurement ils trahissent leur présence par des plissures transversales qui ont été regardées à tort par Audouin et L. Dufour comme résultant de la présence de bandelettes musculaires.

« La paroi externe de l'estomac, de la cantharide, dit Au-
« douin, offre une quantité de bandelettes transversales qui sont
« formées par la tunique musculaire; *cette structure est beau-*
« *coup plus sensible à l'intérieur où elle constitue des plis sail-*
« *lants* séparés entre eux par des sillons très larges. » En réalité les bandelettes circulaires qu'on observe à la surface extérieure du ventricule correspondent aux intervalles qui séparent les replis de la muqueuse; les espaces enfoncés qui limitent ces bandelettes répondent chacun à l'angle rentrant formé par l'adossement de la muqueuse à elle-même et sont opposés par suite aux replis saillants de la face interne du ventricule (fig. 18, pl. VI).

La muqueuse du ventricule n'est pas lisse, elle est comme finement villeuse, et elle doit cette apparence à des replis secondaires qui ondulent très fortement la surface des grands replis.

Cuticule. — La surface de la muqueuse est revêtue d'une cuticule chitineuse qui prend une légère teinte jaunâtre par le

picro-carmin. Dans les régions antérieures du ventricule, cette couche cuticulaire est très mince et n'a guère plus de 1 μ 8 d'épaisseur, mais dans les régions moyenne et postérieure elle est sensiblement plus épaisse et attent 6 μ. Sur les coupes, elle paraît marquée de fins canalicules dirigés perpendiculairement à la surface des cellules épitheliales sous-jacentes, et a quelque ressemblance avec le plateau strié de l'intestin du lapin. Bien que les dissociations soient très difficiles à opérer, on peut arriver cependant à isoler des groupes de trois à quatre cellules (fig. 22 et 28, pl. VI) qui ont alors tout à fait l'apparence de cellules à *cils vibratiles*. En réalité la cuticule du ventricule chylifique est poreuse dans ces régions.

On peut s'en convaincre facilement par l'examen à plat d'un lambeau d'épithélium. On y voit la cuticule marquée d'un dessin polygonal qui répond aux limites des cellules sous jacentes (pl. 26, fig. VI). Les aires de ces figures polygonales sont remplies de petites ponctuations noires extrêmement serrées, qui sont les orifices des pores de la cuticule.

Sur les coupes de la muqueuse on trouve parfois des endroits où les cellules épithéliales ont été enlevées et qui sont occupés par un réseau à mailles polygonales vides (fig. 17, pl. VI). Ce réseau formé par des tractus hyalins réfringents, m'a paru en continuité avec la cuticule. Je crois pouvoir en conclure que la cuticule envoie plus ou moins loin en dehors des prolongements entre les cellules épithéliales. Ainsi s'expliquerait aussi la grande difficulté qu'on éprouve à obtenir de bonnes dissociations de l'épithélium (1).

Épithélium. — Le revêtement épithélial du ventricule chylifique est composé de cellules cylindriques disposées sur un seul rang. Ces cellules mesurent en longueur 0^{mm},06 environ. Le corps cellulaire légèrement granuleux se termine en dehors par un ou deux prolongements courts et déliés. Un noyau sphérique ou ovoïde, pourvu ordinairement de deux nucléoles brillants occupe à peu près le milieu de la cellule.

Dans le fond des intervalles qui séparent entre eux les replis de la muqueuse, l'épithélium offre une structure toute

(1) Il se peut aussi que ce ne soit là qu'un artifice de préparation car, sur l'épithélium frais, ce réseau n'est pas visible.

particulière. Les cellules qui les forment sont en effet très différentes de celles qui viennent d'être décrites. Elles sont assez comparables aux cellules à mucus que Leydig (11) a signalées dans l'estomac des poissons et me paraissent représenter une variété de cellules calyciformes appartenant probalement au groupe de celles qui ont été considérées par divers auteurs comme cellules sécrétantes de mucus.

Ces cellules offrent des aspects assez divers que je considère d'ailleurs comme de simples variations d'état de l'élément. Le plus ordinairement, elles se présentent comme suit : le corps cellulaire (pl. VI, fig. 13 et 14) à peu près cylindrique ou effilé en cône, finement granuleux et se colorant en rose pâle par le carmin, renferme un noyau sphérique ou ovoïde, nucléolé. Ce corps cellulaire se prolonge du côté de la cavité du ventricule chylifique en une large portion dilatée en massue, coiffé d'une calotte hémisphérique d'une substance très réfrigente qui se colore en rose pâle par le carmin, alors que toute la partie sous-jacente reste incolore.

Là où ces cellules sont mélangées aux cellules cylindriques, elles dépassent ces dernières et font saillie au-dessus du plan de la cuticule qui m'a paru faire défaut à leur niveau Dans le fond des replis de la muqueuse où elles remplacent presque complètement les cellules cylindriques, celle-ci est recouverte d'une sorte de mucilage granuleux parsemé d'un grand nombre de ces calottes hémisphériques réfringentes (pl. VI. fig. 19), qui semblent dès lors être un produit de secrétion des éléments en question. Parfois, la partie renflée des cellules est remplie de granulations extrêmement fines qui ne se colorent pas par le pircrocarmin, mais qui noircissent par l'acide osmique. La calotte réfringente qui coiffe l'élément est alors moins épaisse que dans les premiers cas.

Parmi les réactions propres à ces éléments, il est à noter que l'acide osmique les colore très rapidement en noir, aussi sur les pièces fixées par ce réactif, est-il très facile de déterminer leur localisation. Elles ne siègent pas seulement dans le fond des replis de la muqueuse. On les retrouve encore en abondance dans la région postérieure du ventricule chylifique. Dans cette région, ai-je dit, les replis de la muqueuse s'effacent presque complètement. Celle-ci offre alors un aspect villeux qui est dû

au groupement particulier des cellules muqueuses. Ces cellules en effet, se disposent en bouquets qui font saillie de toute leur partie renflée dans la cavité de l'organe. Sur les pièces fixées par l'acide osmique on reconnaît très bien le revêtement continu formé par les corps cellulaires pourvus de leurs noyaux et colorés en rose par le carmin tandis que les parties renflées en massue des cellules, colorées en jaune noirâtre par l'acide osmique sont unies en faisceaux ou bouquets qui font saillie à la surface de la muqueuse et lui donnent son aspect villeux. Toute cette partie de la cavité du ventricule chylifique se distingue par l'abondance de la substance granuleuse parsemée de corps réfringents, produit de secrétion des cellules susdites.

En somme, la structure histologique du fond des replis de la muqueuse rappelle assez bien celle d'une glande à épithélium sécrétant. En admettant que ces parties viennent à s'allonger en tubes faisant saillie à la surface extérieure du ventricule. on se trouve ramené à la structure du tube digestif de maints Coléoptères. Ce qui caractérise dès lors les espèces ici étudiées, c'est que les glandes de l'intestin moyen au lieu de former des tubes saillants en dehors, se réduisent à des surfaces dont la présence ne se manifeste au dehors que par des épaississements annulaires de la surface de l'organe.

2° *Couche conjonctive et folliculeuse.* — Au-dessous de l'épithélium, la muqueuse comprend une trame conjonctive. Les fibres qui composent cette trame sont longues et disposées par faisceaux qui s'entre-croisent en un réseau dont les mailles ovoïdes ou irrégulièrement arrondies renferment chacune un follicule. Ces follicules, semblables à ceux qui ont été signalés par Sirodot (28) dans la muqueuse de l'estomac de l'Oryctes nasicornis, consistent en des corps ovoïdes ou sphériques mesurant en moyenne un diamètre de $0^{mm},040$ et formés d'un amas de noyaux polyédriques par pression réciproque. Ces noyaux qui ont environ 7 à 8 μ de diamètre, sont assez fortement réfringents, et se colorent bien par le picro-carmin. Ils renferment un gros nucléole brillant. A la surface de ces follicules qu'enveloppe la trame conjonctive et qui semblent recouverts d'une fine membrane anhyste, on observe des traînées protoplasmiques fusiformes, striées transversalement et pourvues d'un noyau (fig. 20, pl. VI). Ces éléments musculaires de volume variable, et longs

en moyenne de $0^{mm},035$ sur 14 à 15 μ de large rappellent sous beaucoup de rapports ceux qu'a décrits M. Huet (29) dans la paroi du réservoir séminal des Isopodes. Pour les bien voir, il suffit de pinceauter un lambeau de muqueuse dont on a enlevé l'épithélium. On chasse ainsi un certain nombre de follicules hors des mailles où ils siègent et dans le vide qu'ils laissent, on aperçoit très bien les éléments auxquels je fais allusion.

J'ai dit précédemment que la couche conjonctive accompagne toujours l'épithélium. Il en résulte qu'elle participe aussi à la formation des replis de la muqueuse. Aussi, sur les coupes longitudinales du ventricule (fig. 19, pl. VI) voit-on la trame conjonctive et les follicules occuper la face externe de chacune des lames adossées de la muqueuse. Mais la couche conjonctive de la lame supérieure ne se confond pas avec celle de la lame inférieure. En effet, dans l'angle rentrant que font ces lames en se soulevant, des trachées et des fibres musculaires cheminent en formant une sorte de cloison de séparation. Sur les coupes longitudinales la coupe de cette cloison figure une sorte de raphé médian de chaque côté duquel les follicules forment comme les grains d'une grappe ; on y voit en outre une rangée régulière de fibres musculaires circulaires, dont la section transversale mesure de 9 μ à 12 μ.

Il n'y a qu'une assise de follicules, comme on peut s'en convaincre soit par l'examen des coupes longitudinales du ventricule, soit par l'examen de la couche conjonctive à plat. Sur les coupes transversales cependant (fig. 18, pl. VI) on trouve le plus souvent trois ou quatre rangées de follicules superposées. Cette apparence s'explique aisément si l'on se reporte à ce que je viens de dire. Les coupes qui se montrent ainsi sont seulement celles qui passent par le milieu de l'un des replis circulaires de la muqueuse. Elles montrent alors l'épithélium qui limite la cavité du ventricule, et en dehors de cet épithélium la série des follicules qui occupent toute la hauteur du repli. Pour peu que la coupe ait été un peu oblique, elle passe alors en même temps par le fond du repli, de sorte qu'on retrouve une lame d'épithélium en dehors des follicules, et une nouvelle assise de follicules en dehors de cette lame épithéliale. Les coupes transversales présentent une complication plus grande encore lorsqu'elles passent à une certaine distance au-dessus ou au-dessous

du plan médian d'un repli circulaire. En effet, grâce aux replis secondaires de l'épithélium de la muqueuse, elles se trouvent intéresser successivement de dedans en dehors : l'épithélium, puis la couche conjonctive, une nouvelle couche épithéliale, puis la couche conjonctive, et ainsi de suite à plusieurs reprises. Quoiqu'il en soit, toujours la couche transversale est limitée au dehors abstraction faite de la musculeuse longitudinale, par une assise de follicules.

3° *Musculeuses.* — Il existe dans la paroi du ventricule chylifique deux couches de fibres musculaires, mais contrairement à ce qui a lieu pour l'œsophage, la musculeuse interne est composée de fibres circulaires, tandis que la musculeuse externe est à fibres longitudinales.

La couche interne est d'ailleurs peu épaisse; ses fibres sont espacées et elle ne me semble pas continue.

Quant à la couche externe, elle paraît plus puissante; les fibres striées qui la composent ne forment il est vrai en général qu'une seule assise, mais ces fibres sont très rapprochées les unes des autres. Elles présentent de nombreuses anastomoses; de plus, elles pénètrent dans les replis de la muqueuse et leurs ramifications vont se mêler plus ou moins intimement aux fibres de la couche conjonctive.

Tout ce qui précède peut s'appliquer aux autres Vésicants.

Chez *Epicauta Verticalis* (fig. 11 à 13, pl. VIII) le nombre des replis circulaires de la muqueuse est de 16 à 18; ils s'effacent complètement dans la partie postérieure du ventricule. La cuticule y est plus mince que chez la Cantharide; les cellules épithéliales, cylindriques et très longues mesurent environ $0^{mm},07$ de longueur (fig. 15, pl. VIII).

Chez *Lytta Fabricii* les replis de la muqueuse sont plus compliqués que dans les espèces précédentes, grâce à l'apparition de replis de deuxième et de troisième ordre. La cuticule est relativement plus épaisse, en particulier dans des régions postérieures de l'organe, où elle atteint 6 à 7 μ. Aussi, mieux encore que chez la Cantharide, donne-t-elle aux éléments dissociés l'apparence de cellules à cils vibratiles (pl. IX, fig. 9, 14 et 15).

Chez les *Meloe* enfin, les replis de la muqueuse paraissent

moins élevés que chez les espèces précédentes, eu égard surtout à la dimension considérable du ventricule chylifique. Ces replis sont d'ailleurs très nombreux et très serrés.

En résumé, le ventricule chylifique me semble avoir chez les Vésicants la plupart des attributs d'un organe sécrétant et ceux d'un organe absorbant; les replis de la muqueuse figurent en effet de véritables valvules conniventes, et la présence des follicules dans la couche conjonctive ainsi que l'existence d'une cuticule poreuse rappellent plusieurs des caractères de structure qu'on retrouve dans l'intestin des vertébrés.

Valvule pylorique.

Le ventricule chylifique est pourvu à son extrémité postérieure d'une valvule qui fut signalée pour la première fois par L. Dufour (1824) chez Meloe Majalis. « L'intestin, dit cet anatomiste, offre à son origine dans le Meloe, une portion conoïde dont l'intérieur a de légères plissures longitudinales et une valvule correspondant au ventricule chylifique, composée de six tubercules ovales, bilobés, un peu calleux; je n'ai point, ajoute-t-il, observé cette structure dans les autres Cantharidies. » Cependant, deux ans plus tard (1826), Audouin (loc. cit.) décrivit chez la Cantharide, « à la terminaison de l'estomac à l'in-
« testin une véritable valvule formée par la réunion de plu-
« sieurs petits corps réniformes, libres sur tous leurs bords, et
« n'adhérant au ventricule chylifique que par le milieu de leur
« côté externe. On en compte six, et entre chacun d'eux, on
« voit un vaisseau biliaire. » Cette description toute sommaire est absolument exacte. J'ajouterai que j'ai retrouvé une semblable valvule chez tous les insectes vésicants qu'il m'a été possible d'étudier, *Cantharis, Epicauta, Lytta, Meloe, Mylabris,* etc.

L'étude de cette valvule pylorique m'a présenté quelques particularités que je vais exposer en prenant pour type la Cantharide ordinaire.

Cantharis vesicatoria. — Lorsqu'on fend en long le paroi du ventricule et qu'on l'étale pour l'examiner à loisir, on constate à l'extrémité postérieure de l'organe, l'existence de six petits corps disposés en couronne et également espacés. Ces petits corps, ou tubercules saillants, sont arrondis ou un peu ovoïdes et formés chacun, comme le montre la figure 28, pl. VI de deux

épaississements latéraux de chaque côté d'une gouttière médiane dans le fond de laquelle se trouve une saillie moins élevée qu'ils cachent en partie. – Ces corps valvulaires sont donc trilobés; c'est ce dont on se rend mieux compte à l'examen de leur coupe transversale (fig. 24, pl. VI).

On y voit qu'ils sont constitués chacun d'un épais repli de la muqueuse du ventricule, repli trilobé et dont le lobe médian peu saillant est profondément enfoncé entre les deux lobes latéraux. A sa base, qui correspond à sa face externe, ce repli est brièvement pédiculé et il est en continuité avec la muqueuse du ventricule.

La structure de ces corps valvulaires est très simple. Ils comprennent, de dedans en dehors : une cuticule, une rangée de cellules épithéliales cylindriques et une très mince trame conjonctive.

L'arrangement de ces diverses parties rappelle assez bien celui qui caractérise le bourrelet que j'ai décrit à l'union de la muqueuse et de la membrane périvalvulaire de la valvule cardiaque.

Cellules épithéliales et cuticule sont en continuité par le pédicule avec les mêmes parties de la muqueuse ventriculaire; mais la cuticule revêt un aspect différent; beaucoup plus épaisse, elle n'est pas poreuse et sa surface est relevée de stries ondulées couvertes de petites éminences chitineuses cylindriques groupées par trois; cet aspect rappelle celui de la cuticule œsophagienne.

On comprend bien les rapports de la valvule avec le ventricule d'une part et l'intestin de l'autre, en examinant les coupes longitudinales de cette région du tube digestif. La coupe que je reproduis (fig. 23, pl. VI) passe par le centre d'un des corps valvulaires. On y voit que le lobe central qui est intéressé dans la coupe est assez bas pour être surplombé par les replis circulaires de la muqueuse du ventricule, replis qui, je l'ai dit, reparaissent à l'extrémité terminale de cet organe après avoir complètement disparu dans la région immédiatement antérieure. Cette coupe montre la continuité qui s'établit par l'intermédiaire du corps valvulaire entre le muqueuse du ventricule et celle de l'intestin.

Sur cette coupe, et mieux encore sur les coupes transversales qui passent au niveau de la valvule, on constate que la musculeuse interne à fibres circulaires est extrêmement mince, la mus-

culeuse externe conservant les mêmes caractères que dans le reste du ventricule. Il n'y a donc pas là de sphincter, c'est en effet immédiatement en arrière des corps valvulaires et non à leur niveau qu'on trouvera un anneau musculaire épais.

Les tubes de Malpighi s'ouvrent dans le ventricule chylifique en avant de la couronne valvulaire et dans un ordre tel qu'un tube de Malpighi alterne avec un corps valvulaire.

C'est ce que montre la figure 12, pl. VII, qui reproduit une coupe longitudinale de la région pylorique chez Epicauta verticalis.

Epicauta verticalis. — Chez cette espèce, la couronne valvulaire est comme chez la Cantharide formée de six corps également trilobés. Vus de face, ces corps figurent chacun une sorte de foliole allongée, épaisse (fig. 17, pl. VIII). Sur les coupes transversales de la région valvulaire, on les voit rangés en couronne et régulièrement espacés (fig. 18, pl. VIII). La cuticule qui les recouvre est très épaisse, hérissée comme précédemment. Quant aux cellules épithéliales, elles présentent un aspect tout particulier. Au sommet des replis qui constituent les corps valvulaires (fig. 24, pl. VIII), ces cellules ont beaucoup des caractères des cellules à mucus décrites dans la muqueuse du ventricule chylifique. Vésiculeuses et remplies d'une substance incolore finement granuleuse, elles se terminent du côté extérieur par un corps cellulaire linguiforme qui se colore bien par le picro-carmin. Le noyau relativement petit et comme ratatiné est situé à l'union de ces deux parties. Une auréole de granulations assez serrées l'entoure. Au voisinage de ces éléments vésiculeux qui occupent avons-nous dit le bord libre des replis valvulaires, on voit des cellules épithéliales cylindriques terminées en massue du côté de la cuticule; ce renflement terminal est rempli de granulations et se colore en noir intense par l'acide osmique. A mesure qu'on se rapproche de la muqueuse de l'estomac, on voit ces renflements s'étrangler, se séparer même du corps cellulaire et se réduire bientôt à des traînées qui sur les coupes de pièces traitées par l'acide osmique marquent de taches noires la tranche de la cuticule très épaisse à ce niveau. On passe enfin aux cellules cylindriques ordinaires. Ces différentes formes me semblent pouvoir être considérées comme des modifications marquant des périodes de l'évolution des cellules épithéliales.

c. **INTESTIN PROPREMENT DIT** (*postintestin*).

L'intestin proprement dit, c'est-à-dire toute la partie du tube digestif qui fait suite à la valvule pylorique, se caractérise très nettement par sa structure histologique.

La cuticule (intima) y prend une épaisseur relativement assez grande. Les cellules épithéliales, très bien développées, et ne rappelant en rien la réduction de l'épithélium de la région œsophagienne, ne sont plus cylindriques, mais aplaties, cubiques ou presque sphériques suivant les régions. La couche conjonctive est rudimentaire, dépourvue de follicules; enfin, les couches musculaires ont entre elles les mêmes rapports que dans l'œsophage, c'est-à-dire que contrairement à ce qu'on observe dans le ventricule chylifique, c'est la musculeuse interne qui est formée de fibres longitudinales et la musculeuse externe qui est composée de fibres circulaires. Dans certaines régions toutefois, la zone de fibres circulaires est comprise entre deux couches à fibres longitudinales.

Ces caractères généraux de structure comportent certaines modifications de détails qui permettent de reconnaître cinq parties bien distinctes dans l'intestin des Vésicants.

Cantharide. — La *première partie*, très courte, et ne mesurant pas plus de 1^{mm} de longueur chez la Cantharide, fait immédiatement suite à la valvule pylorique et répond au renflement qui occupe l'extrémité postérieure du ventricule chylifique. Son diamètre transversal mesure $0^{mm},95$ environ. Sa structure est très caractéristique. La muqueuse, en effet, y forme dix-huit replis longitudinaux saillants. Audouin qui avait parfaitement vu ces replis, s'est également bien rendu compte de leur origine. « Si on les examine avec soin, disait-il, on voit qu'ils partent des six corps valvulaires. Chacun en fournit deux et il en naît régulièrement un des intervalles qui les séparent. » C'est bien ainsi, en effet, que les choses se présentent. Ces replis ne sont pas égaux en hauteur; il y a alternativement un repli plus bas et un repli plus élevé (fig. 6, pl. VII).

La muqueuse qui les forme, offre à considérer, une cuticule épaisse de 3 μ environ, hérissée comme celle des corps valvulaires. C'est celle-ci en effet qui se continue sans modifications dans cette première partie de l'intestin. Par contre, les cellules

épithéliales sont bien différentes. Aux cellules cylindriques font place des cellules polyédriques, presque aplaties et qui ne mesurent pas plus de 12 μ de hauteur sur 15 μ de largeur. La couche conjonctive très mince est réduite à quelques fibres éparses. Enfin, l'enveloppe musculaire consiste en une épaisse couche de fibres musculaires comprise entre deux couches de fibres longinales. De ces deux dernières, l'interne semble être la continuation des fibres musculaires longitudinales du ventricule (fig. 23, pl. VI); quant à l'externe elle est représentée par quelques faisceaux peu serrés. L'épaisseur de la couche à fibres circulaires est remarquable, car elle ne mesure pas moins de $0^{mm},14$. C'est un anneau musculaire puissant, et il n'est pas douteux que cette première partie de l'intestin constitue une sorte de sphincter placé à l'extrémité postérieure du ventricule.

La *deuxième partie* de l'intestin est caractérisée par la diminution du nombre des replis de la muqueuse qui se réduisent à douze (fig. 7, pl. VI). En même temps, la cuticule devient complètement glabre, et les cellules épithéliales peut-être un peu plus longues que dans la précédente région mesurent environ 14 μ de hauteur. La musculeuse interne est représentée par quelques fibres longitudinales. Quant à la musculeuse externe, elle est moins épaisse que dans le gésier, elle mesure toutefois encore $0^{mm},10$ à $0^{mm},12$.

Enfin une sorte de gaîne formée par le corps adipeux et qui enveloppe toute la longueur de l'intestin apparaît pour la première fois dans cette région. La structure de cette gaîne est très remarquable, les cellules adipeuses étant groupées en sortes de colonnes cylindriques qui entourent l'intestin, et sont placées côte à côte parallèlement à son grand axe.

La deuxième partie de l'intestin constituée comme il vient d'être dit, n'a qu'une faible longueur, environ 2 à 3^{mm}. Elle comprend la portion qui s'étend directement en arrière, du renflement à dix-huit replis jusqu'au coude que forme l'intestin pour revenir en avant (voir la fig. 1, pl. VI). Son diamètre transversal peu considérable, mesure, paroi comprise $0^{mm},65$.

Vient alors la *troisième partie* de l'intestin représentée par la portion ascendante qui se place le long du côté droit du ventricule chylifique. Elle est caractérisée par une nouvelle diminution du nombre des replis de la muqueuse qui se réduisent à

six. Sur les coupes transversales pratiquées sur un abdomen entier de Cantharide on reconnaît facilement cette région de l'intestin à ses six replis qui suffisent parfaitement à la caractériser (fig. 8, pl. VI) et l'on constate comme je le disais plus haut, qu'elle occupe le côté droit du ventricule.

Il est à remarquer que le calibre de cette troisième portion du ventricule est notablement réduit. C'est la partie la plus grêle de tout le conduit intestinal. La musculeuse externe, bien que représentée encore par deux ou trois assises de fibres circulaires est beaucoup moins développée que dans les régions précédentes.

La *quatrième partie* de l'intestin comprend toute la portion descendante de cet organe jusque vers son extrémité terminale. Sur les coupes transversales d'ensemble de l'abdomen (fig. 9 et 11, pl. VI), on voit qu'elle occupe la face dorsale, au-dessus du ventricule.

Son diamètre transversal, paroi comprise, mesure dans sa région la plus large $0^{mm},90$ à 1^{mm} et l'emporte de beaucoup sur les régions précédentes; c'est la partie qu'on désigne ordinairement sous le nom de rectum; les extrémités postérieures des tubes de Malpighi sont fixées à son origine. Chez quelques Vésicants tels que les Mylabres, dont l'intestin est beaucoup plus court, ce rectum est réduit à un renflement à peu près sphérique. Quoiqu'il en soit, la structure de cette quatrième région de l'intestin est remarquable. Les six replis de la muqueuse s'affaissent peu à peu et disparaissent bientôt presque complètement. La cuticule est lisse; les cellules épithéliales sont très différentes de celles des régions précédentes. Elles sont presque sphériques ou à peine comprimées latéralement; volumineuses car leur diamètre atteint $0^{m},017$, elles possèdent un noyau plongé dans un protoplasma hyalin, à peine granuleux. Il m'a semblé que, au niveau des replis, là où ils font encore une saillie appréciable (fig. 9, pl. VI), ces cellules épithéliales ont un diamètre un peu plus considérable. Enfin la couche musculaire est réduite à une seule assise de fibres circulaires. Le corps adipeux lui forme une enveloppe continue.

La *cinquième partie* de l'intestin comprend sa région terminale et aboutit à l'anus. Brusquement, en effet, le rectum se rétrécit et un conduit grêle, long seulement de 1 à 2 millimètres lui succède. Cette portion terminale (fig. 10, pl. VI), qui ne

mesure pas plus de 0mm,7 de diamètre transversal, paroi comprise, a une structure toute différente de celle de la région qui la précède.

La muqueuse, y offre de huit à dix replis très saillants, dont la cuticule est très épaisse. La couche épithéliale par contre est extrêmement réduite et les cellules rudimentaires rappellent la structure de l'œsophage. Enfin, deux couches musculaires très développées ajoutent encore à ces caractères distinctifs. C'est d'une part, une couche externe à fibres longitudinales, et d'autre part, une couche interne à fibres circulaires, très épaisse et qui mesure 0mm,098 et forme un sphincter comparable à celui que j'ai signalé dans la première partie de l'intestin mais plus puissant encore.

En résumé, l'intestin de la Cantharide comprend cinq parties bien distinctes par leur structure. Dans l'état actuel de nos connaissances sur le rôle de ces diverses parties, il ne me paraît pas possible d'essayer de les comparer aux parties de l'intestin des animaux vertébrés, aussi n'ai-je à dessein pas employé les noms d'intestin grêle, de gros intestin, de rectum, etc. Si l'on veut les désigner par des noms particuliers, on peut emprunter ces noms à l'un de leurs caractères le plus apparent, soit au nombre des replis. On aura alors, la région à dix-huit replis, celle à douze replis, la région à six replis, la portion lisse et le sphincter terminal. Ces noms peuvent d'autant mieux être adoptés qu'ils sont applicables à l'intestin de tous les insectes vésicants.

Chez l'Epicauta verticalis en effet, j'ai retrouvé une disposition identique. Les figures que je donne des coupes transversales de ces diverses régions (fig. 19 à 25, pl. VIII) rendent compte de cette disposition. Les Mylabris quadri-punctata, Lytta Fabricii, Meloe proscarabœus, etc., ont même structure, les différences siègent seulement dans la longueur plus ou moins grande des diverses régions et en particulier de la quatrième portion.

d. TUBES DE MALPIGHI.

L'étude des vaisseaux de Malpighi ne m'a rien appris qui ne fut déjà connu. Je rappellerai que chez tous les Vésicants il existe six vaisseaux de Malpighi qui s'ouvrent à l'extrémité postérieure du ventricule chylifique entre les six pièces de la valvule pylo-

rique et que ces six vaisseaux viennent se fixer à l'intestin, à la limite de la troisième et de la quatrième partie. En ce point ils se groupent en général par trois, et chaque groupe se fixe à la paroi intestinale par un tube très court (fig. 17, pl. IX), souven-réduit à un simple mamelon (1). L. Dufour avait indiqué cette disposition et fait remarquer en même temps, ce qui a été confirmé depuis par M. Fabre (27), à savoir que le *Sitaris humeralis* fait exception à la règle générale. Il ne possède en effet que quatre vaisseaux de Malpighi unis deux à deux à leur extrémité postérieure.

e. CORPS ADIPEUX

Le corps adipeux est généralement abondant chez les Vésicants, et teint en jaune (Cantharide et Zonitis) ou en rouge (Mylabris 4-punctata). Ses rapports avec le tube digestif sont tels qu'il enveloppe l'intestin comme d'une sorte de gaîne continue que j'ai signalée déjà à propos des coupes transversales sur cet organe. C'est ainsi que chez la Cantharide (fig. 7 et 8, pl. VI), on voit l'intestin entouré d'un manchon formé de deux ou trois assises de cellules groupées par petits paquets cylindriques. Chaque cylindre paraît nettement séparé du cylindre voisin par un contour qui est peut-être une fine membrane conjonctive ou seulement la limite de la substance hyaline dans laquelle sont plongées les cellules. Ces cellules volumineuses, ovoïdes ou sphériques, mesurent en moyenne 28 à 30 μ de diamètre. Elles renferment un gros noyau très réfringent, large de 15 à 16 μ et sont réunies par une substance intermédiaire hyaline ou très finement granuleuse (fig. 29, pl. VI). Elles se colorent rapidement en noir par l'acide osmique. Cependant elles ne renferment pas de globules graisseux. Quelques granulations seulement se voient parfois dans le noyau.

Le tissu graisseux de l'abdomen et celui qui s'étend sur l'estomac et jusqu'à la surface de l'œsophage ne présentent pas les mêmes caractères. Sur ces dernières parties du tube digestif les cellules sphériques, sont très granuleuses, d'un diamètre plus petit, et la substance intermédiaire dans laquelle elles sont plongées, semble moins dense. Cette seconde forme constitue

(1) Toutefois, comme l'a fort bien vu Audouin (*loc. cit.*) chez la Cantharide, les tubes de Malpighi s'unissent postérieurement en un seul tronc.

un tissu beaucoup plus lâche et qui n'enveloppe pas d'une manière aussi intime les organes sur lesquelles il s'étend d'ailleurs irrégulièrement.

EXPLICATION DES PLANCHES VI A IX.

Planche VI.

Tube digestif de la Cantharide.

Fig. 1. — Tube digestif avec trois des canaux de Malpighi en place; les 3 autres ont été coupés. — *œ*, œsophage; *c*, renflement cardiaque; *v*, ventricule chylifique; *p*, renflement pylorique; i^2, i^3, i^4, i^5, les quatre portions suivantes de l'intestin.

Fig. 2. — Coupe transversale de l'œsophage dans sa région antérieure, $\frac{80}{1}$. — *o*, repli de premier ordre, ventral; o^1, o^2, replis de premier ordre, latéraux; *mc*, musculeuse à fibres circulaires; *ml*, coupe des fibres longitudinales de la musculeuse interne; *a*, tissu adipeux; *c*, cuticule de l'œsophage; *g*, gouttières.

Fig. 3. — Coupe transversale de la région moyenne de l'œsophage, $\frac{40}{1}$, mêmes lettres; *e*, repli de second ordre apparaissant irrégulièrement.

Fig. 4. — Coupe transversale au niveau du bourrelet périvalvulaire, $\frac{80}{1}$. — o^1, o^2, o^3, o^4, replis de premier ordre; e^1, e^2, e^3, e^4, replis de second ordre; *c*, cuticule; *mc*, sphincter; *pv*, bourrelet périvalvulaire; c^1, cuticule de ce bourrelet; *e'*, épithélium du bourrelet; *mv*, muqueuse du ventricule.

Fig. 5. — Coupe transversale de l'estomac au niveau de la valvule pylorique, $\frac{40}{1}$; *p* à p^5, corps pyloriques; pour le reste, mêmes lettres que plus haut.

Fig. 6. — Coupe transversale de l'intestin; région à 18 replis, $\frac{80}{1}$. — *c*, cuticule; *e*, épithélium.

Fig. 7. — Coupe transversale de l'intestin; région à 12 replis, $\frac{40}{1}$; mêmes lettres. — *a*, *a*, corps adipeux.

Fig. 8. — Coupe transversale de l'intestin, région à 6 replis, $\frac{80}{1}$; mêmes lettres.

Fig. 9. — Coupe transversale de l'intestin, région dilatée à peu près lisse, $\frac{40}{1}$.

Fig. 10. — Coupe transversale du rectum, $\frac{70}{1}$; mêmes lettres.

Fig. 11. — Coupe transversale de l'abdomen de la Cantharide dans sa région antérieure au niveau de la valvule pylorique. — V, ventricule chylifique; I, intestin, région à 6 replis; R, intestin, région renflée à muqueuse à peu près lisse; *t*, trachées; T, portion de testicule; *m*, muscles; G, glande de l'organe mâle.

Fig. 12. — Portion de tissu adipeux de la surface de l'œsophage.

Fig. 13. — Cellules épithéliales à mucus du ventricule chylifique, $\frac{1000}{1}$.

Fig. 14. — Cellules épithéliales du ventricule, $\frac{1000}{1}$; *ab*, cellule avec cuticule poreuse; *cc*, cellules à mucus.

Fig. 15. — Portion ventrale de la valvule cardiaque étalée, $\frac{20}{1}$. Cette figure montre les gouttières *g* à surface cannelée transversalement, les replis de premier ordre o^1, o^2, o^3, et 2 replis de second ordre e^1, e^2; *f*, lames foliacées qui terminent les replis de premier ordre; *l*, les lobes qui frangent les bords de la valvule.

Fig. 16. — Orifice interne de la valvule vu de face; *l*, grands lobes; l^1, petits lobes.

Fig. 17. — Coupe transversale d'une portion d'épithélium de la muqueuse du ventricule chylifique, montrant les cloisonnements chitineux, $\frac{500}{1}$.

Fig. 18. — Coupe transversale d'une portion de la muqueuse de l'intestin, région à 6 replis très bas; *c*, cuticule; *e*, épithélium.

Fig. 19. — Coupe longitudinale d'un repli tranversal de la muqueuse du ventricule, $\frac{200}{1}$; *c*, cuticule; *e*, épithélium; *f*, follicules; *mt*, sections de fibres musculaires transversales; *t*, trachées; *em*, épithélium du fond des replis.

Fig. 20. — Portion très grossie de la couche conjonctive; *d*, fibres du tissu lamineux; *m*, faisceaux musculaires; m^1, cellules musculaires; *f*, follicules.

Fig. 21. — Coupe longitudinale de la valvule cardiaque, $\frac{100}{1}$; *c*, cuticule de l'œsophage; c^1, cuticule du bourrelet périvalvulaire; *mc*, muscles à fibres circulaires; *ml*, musculeuse à fibres longitudinales; *v*, muqueuse du ventricule; *b*, bourrelet périvavulvaire.

Fig. 22. — Cellules épithéliales avec cuticule poreuse de la partie postérieure du ventricule chylifique, $\frac{500}{1}$.

Fig. 23. — Coupe longitudinale de l'extrémité postérieure de l'estomac, comprenant un corps pylorique *p*; *r*, replis de la muqueuse de l'estomac; les autres lettres comme fig. 21.

Fig. 24. — Coupe transversale d'un corps pylorique; *rm*, repli médian; *rl*, replis latéraux; *p*, pédicule du corps pylorique.

Fig. 25. — Armature de la cuticule de l'œsophage.

Fig. 26. — Épithélium du ventricule chylifique dans le fond des replis. vu en surface; *c*, calottes hyalines des cellules à mucus.

Fig. 27. — Cellules épithéliales de la muqueuse de l'intestin, 4me portion, $\frac{250}{1}$.

Fig. 28. — Un corps pylorique très grossi; *rm*, repli médian; *rl*, replis latéraux.

Fig. 29. — Portion du corps adipeux prise à la surface de l'intestin, $\frac{500}{1}$.

Fig. 30. — Coupe longitudinale au niveau du bourrelet périvalvulaire, montrant son passage à la muqueuse du ventricule, $\frac{150}{1}$; *c*, cuticule de l'œsophage; c^1, cuticule du bourrelet; e^1, épithélium du bourrelet; *e*, épithélium du ventricule.

Planche VII.

Appareil digestif des Meloe:

(Mêmes lettres que dans la planche précédente.)

Fig. 1. — Portion de la valvule cardiaque du *Meloe Majalis*, $\frac{40}{1}$, montrant une paire de gouttières *g* et un repli de second ordre e^1; *f*, portion foliacée d'un repli de premier ordre; *t*, trachée; *m*, muscle du sphincter.

Fig. 2. — Orifice de la valvule cardiaque du même, vu par sa face postérieure; *gg*, gouttières cornées.

Fig. 3. — Coupe d'un repli de premier ordre de l'œsophage du même au-dessus de la valvule, $\frac{80}{1}$; *c*, cuticule; *e*, épithélium; *ml*, musculeuse à fibres longitudinales; *me*, musculeuse à fibres circulaires; *t*, trachées.

Fig. 4. — Coupe transversale d'une portion de la valvule cardiaque au niveau où celle-ci pénètre dans le ventricule chylifique, $\frac{80}{1}$; *m*, muqueuse du ventricule; $m^1 l^1$, musculeuse longitudinale du ventricule; *mc*, musculeuse à fibres circulaires de l'œsophage; e, e^1, replis de second ordre; *gg*, gouttières.

Fig. 5. — Coupe transversale d'une paire de gouttières au niveau du bourrelet périvalvulaire *b*, $\frac{40}{1}$; c^1, cuticule; e^1, épithélium du bourrelet.

Fig. 6. — Armature de la cuticule de l'œsophage du Meloe Majalis dans sa région antérieure, $\frac{200}{1}$.

Fig. 7. — Armature de la cuticule du même au niveau des replis, $\frac{200}{1}$.

Fig. 8. — Coupe longitudinale d'une moitié du tube digestlf au niveau de la valvule cardiaque chez Meloe Majalis, $\frac{25}{1}$; *c*, cuticule de l'œsophage; c^1, cuticule de la membrane périvalvulaire; *b*, bourrelet épithélial; *v*, muqueuse du ventricule chylifique.

Fig. 9. — Mandibule de Meloe Majalis, $\frac{12}{1}$; *m*, maxillaire; *p*, prostecha; *d*, molaire.

Fig. 10. — Prostecha de la même; *i*, région papilleuse; *s*, surface d'insertion à la mandibule.

Fig. 11. — Mâchoire du même, $\frac{10}{1}$; *m*, maxillaire; *sm*, sous-maxillaire; *im*, intermaxillaire; *g*, galea; *pa*, palpigère; *p*, palpe maxillaire.

Fig. 12. — Maxillaire, *m*, et palpigère, *pa*, du même.

Fig. 13. — Labre, face inférieure avec épipharynx, *ep*, $\frac{10}{1}$.

Fig. 14. — Lèvre inférieure du même; face inférieure, $\frac{20}{1}$; *pa*, palpigère; *p*, palpes.

Fig. 15. — Tube digestif du Meloe Majalis; *œ*, œsophage; *c*, renflement cardiaque; *v*, ventricule chylifique; *p*, renflement pylorique; i^2, i^3, i^4, i^5, intestin.

Fig. 16. — Portion de la valvule cardiaque étalée du *Meloe Proscarabœus*, montrant deux paires de gouttières *g*, $\frac{25}{1}$.

Fig. 17. — Valvule cardiaque étalée, et vue par sa surface interne, du

Meloe angusticollis, $\frac{20}{1}$; o à o^3, replis de premier ordre; e à e^3, replis de second ordre.

Fig. 18. — Coupe transversale d'une portion de cette valvule, comprenant une paire de gouttières et un repli de second ordre, faite au niveau du bourrelet périvalvulaire $\frac{40}{1}$ vers *a* de la figure 17; *mt*, muscles du sphincter; c^1, cuticule périvalvulvaire; e^1, épithélium périvalvulaire.

Fig. 19. — Coupe transversale d'une portion de valvule vers son extrémité terminale *c*, $\frac{40}{1}$; les autres lettres comme fig. 18.

Fig. 20. — Coupe transversale totale de la valvule cardiaque du même vers le niveau *b*; milieu de la valvule, $\frac{20}{1}$.

Planche VIII.

Tube digestif de l'Épicauta Verticalis.

(Mêmes lettres que dans les planches précédentes.)

Fig. 1. — Œsophage et valvule cardiaque, vue d'ensemble; *ls*, lobe supérieur de la valvule; *li*, lobes latéraux inférieurs; *f*, prolongements foliacés des replis; *g*, gouttières; *cl*, lames cornées qui soutiennent les lobes.

Fig. 2. — Appareil digestif entier, $\frac{2}{1}$; *r*, pièces de la valvule visibles par transparence à travers les parois de l'œsophage et de l'estomac.

Fig. 3. — Coupe transversale de l'œsophage dans sa région antérieure, $\frac{40}{1}$, A, fig. 1.

Fig. 4. — Coupe transversale de l'œsophage dans sa région moyenne, A*a*, fig. 1, $\frac{40}{1}$; les huit replis sont complètement développés.

Fig. 5. — Coupe transversale de l'œsophage dans sa portion renflée B, fig. 1, $\frac{40}{1}$; o^1, repli dorsal de premier ordre.

Fig. 6. — Coupe au niveau où la valvule pénètre dans le ventricule chylifique immédiatement en avant du bourrelet périvalvulaire, $\frac{40}{1}$, *ms*, muscles du sphincter.

Fig. 7. — Coupe transversale au niveau du bourrelet périvalvulaire, $\frac{40}{1}$; les gouttières commencent à s'écarter.

Fig. 8. — Coupe transversale de l'estomac un peu en arrière du bourrelet, $\frac{40}{1}$.

Fig. 9. — Coupe au niveau des lobes de la valvule cardiaque. Ils sont séparés et limités par les tiges chitineuses *ch*, $\frac{40}{1}$.

Fig. 10. — Bord très grossi, $\frac{100}{1}$, de l'un de ces lobes, en coupe transversale, pour montrer l'union de la membrane périvalvulaire à la lame cuticulaire de l'œsophage.

Fig. 11. — Coupe longitudinale d'un repli circulaire du ventricule chylifique, montrant la structure de la muqueuse, $\frac{200}{1}$; *e*, épithélium de la portion saillante du repli; e^1, épithélium de la portion rentrante; *ca*, corps hyalins hémisphériques au milieu d'une substance granuleuse; *f*, follicules; *t*, trachées; *mc*, fibres musculaires circulaires, en coupe.

Fig. 12. — Coupe longitudinale de l'extrémité postérieure du ventricule chylifique, $\frac{200}{1}$, montrant la disposition des cellules de la muqueuse dans cette région. Au-dessus du corps pylorique *p*, on voit déboucher un tube de Malpighi, *m*.

Fig. 13. — Coupe longitudinale de l'extrémité antérieure du ventricule chylifique, $\frac{40}{1}$, montrant le bourrelet cardiaque et son union avec la muqueuse ventriculaire.

Fig. 14. — Coupe longitudinale du tube digestif au niveau de la valvule cardiaque, vue d'ensemble.

Fig. 15. — Cellules épithéliales très grossies de l'extrémité postérieure du ventricule chylifique. — *a*, cellules à mucus ; *b*, cellule à cuticule poreuse.

Fig. 16. — Surface de la cuticule qui recouvre les corps pyloriques.

Fig. 17. — Un corps pylorique vu de face et très grossi.

Fig. 18. — Coupe transversale au niveau des corps pyloriques *p*, $\frac{20}{1}$.

Fig. 19. — Coupe transversale de l'intestin, région à dix-huit replis, $\frac{20}{1}$.

Fig. 20. — Coupe transversale de l'intestin, région à douze replis, $\frac{40}{1}$.

Fig. 21. — Coupe transversale de l'intestin, région à six replis, $\frac{20}{1}$; *ad*, corps adipeux.

Fig. 22. — Coupe transversale de la région renflée et lisse de l'intestin, $\frac{20}{1}$.

Fig. 23. — Coupe transversale du rectum, $\frac{40}{1}$.

Fig. 24. — Coupe transversale d'une portion d'un corps pylorique, $\frac{250}{1}$, montrant les cellules à mucus dans leurs divers états, *a*, *a*[1].

Fig. 25. — Coupe transversale d'une portion de la muqueuse de la région lisse de l'intestin, montrant les cellules épithéliales presque sphériques, $\frac{200}{1}$.

Fig. 26. — Trachée avec corps adipeux de la surface de l'œsophage.

Planche IX.

Appareil digestif des Lytta Fabricii et Mylabris 4-punctata.

(Mêmes lettres que dans la planche précédente.)

Fig. 1. — *Lytta Fabricii*. Portion de la valvule cardiaque étalée, montrant les trois lobes l à l^2, soutenus par les tiges chitineuses, $\frac{40}{1}$, *mo*, muscles obliques.

Fig. 2. — *Lytta Fabricii*. Coupe transversale de l'œsophage vers sa partie antérieure, montrant le commencement des replis, $\frac{20}{1}$.

Fig. 3. — Coupe transversale de l'œsophage du même au niveau des appendices foliacés qui recouvrent les gouttières, $\frac{20}{1}$.

Fig. 4. — Coupe transversale de la valvule cardiaque du même, au niveau du bourrelet périvalvulaire, $\frac{20}{1}$.

Fig. 5. — Coupe transversale de la valvule cardiaque du même, au niveau de sa division en trois lobes l^1 à l^3, $\frac{20}{1}$.

Fig. 6. — Coupe transversale très grossie de l'un de ces lobes, pour montrer l'union de l'intima de l'œsophage à celle de la membrane périvalvulaire.

Fig. 7. — Coupe longitudinale de l'estomac du *Lytta Fabricii*, au niveau de la valvule cardiaque, montrant les replis très profondément lobés de la muqueuse du ventricule *mv*.

Fig. 8. — Surface de la cuticule de l'œsophage au-dessus de la valvule cardiaque.

Fig. 9. — Coupe transversale de la muqueuse du ventricule dans sa région moyenne; on y voit l'épaisse cuticule poreuse.

Fig. 10. — Une gouttière de la valvule pylorique, en coupe transversale très grossie, prise au niveau du bourrelet périvalvulaire chez *Lytta Fabricii*, $\frac{20}{1}$.

Fig. 11. — Coupe d'une gouttière dans sa région antérieure, au niveau de l'appendice foliacé, $\frac{70}{1}$.

Fig. 12. — Un appendice foliacé vu en surface.

Fig. 13. — Coupe longitudinale de l'extrémité postérieure du ventricule, montrant la coupe d'un corps pylorique.

Fig. 14. — Trois cellules de l'estomac, montrant la cuticule poreuse, $\frac{300}{1}$.

Fig. 15. — Cellules de la partie postérieure de l'estomac, $\frac{250}{1}$.

Fig. 16. — Tube digestif de *Zonitis mutica*.

Fig. 17. — Extrémité postérieure grossie des tubes de Malpighi, montrant leur mode d'insertion à l'intestin, dans la même espèce.

Fig. 18. — Tube digestif du *Mylabris geminata*.

Fig. 19. — Tube digestif du *Mylabris 4-punctata*.

Fig. 20. — Coupe transversale de la région à douze replis de l'intestin du *Mylabris 4-punctata*, $\frac{40}{1}$.

Fig. 21. — Coupe transversale de la valvule cardiaque du même, au point où elle pénètre dans le ventricule, $\frac{40}{1}$.

Fig. 22. — Portion de la valvule cardiaque du *Mylabris 4-punctata* étalée et vue par sa face interne, $\frac{40}{1}$.

Fig. 23. — Portion de la valvule cardiaque du *Meloe Angusticollis*, montrant une paire de gouttières et un repli intermédiaire, $\frac{40}{1}$.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE L'OSSIFICATION ET DE L'HOMOTYPIE

DES PIÈCES DU CARPE ET DU TARSE CHEZ L'HOMME

Par CH. DEBIERRE

(PLANCHES X ET XI.)

I

Vésale déjà s'était occupé de l'ossification des os du carpe, qu'il ramenait au nombre de sept, en considérant le pisiforme comme un os sésamoïde, ce que Riolan se refusa d'accepter. — Riolan, Albinus, et après eux et mieux qu'eux, Béclard et Serres étudièrent l'ossification des os du tarse.

Depuis Vésale et Riolan, l'ostéogénèse des os carpiens et tarsiens a fait beaucoup de progès, et après les travaux de Rambaud et Renault (1), de Cruveilhier (2), de Sappey (3), de Quain (4), de Kœlliker (5) pour ne citer que quelques anatomistes, il ne reste guère que quelques divergences à expliquer en ce qui concerne l'ossification pure de chacun des os du carpe et du tarse.

Mais si le travail d'ossification de chacun des os du carpe et du tarse, individuellement considéré, a été assez bien indiqué dans ses commencements (époque d'apparition du point osseux primitif), ce travail n'a cependant pas encore été suivi comme il mérite de l'être, depuis ses plus humbles débuts jusqu'à sa réalisation complète.

Les lacunes de la science sont autrement grandes lorsqu'on essaye de se rendre compte de l'ossification comparative des os homologues carpiens et tarsiens. Ici, outre que le travail com-

(1) Rambaud et Renault, *Dévelop. des Os*, Paris, 1864.
(2) J. Cruveilhier, *Anat. descriptive*, 4e éd., t. I, p. 206 et 251, Paris, 1862.
(3) Sappey, *Anat. descriptive*, t. I, 3e édit. Paris, 1875.
(4) *Quain's Anatomy*, t. I, 9e édit., p. 102 et 125, London, 1882.
(5) Kœlliker, *Embryologie*, éd. franc. Paris, 1882, p. 511.

paratif est à faire, la difficulté est d'autant plus grande qu'on rencontre déjà beaucoup de peine à établir l'homologie des segments osseux du membre thoracique et du membre pelvien.

Pour résoudre ce dernier problème, les anatomistes ont eu recours au *principe des connexions*, si bien établi par Geoffroy Saint-Hilaire, principe qui trouve son complément nécessaire dans l'étude des lois du développement. Ces deux points de repère nous serviront de guide pour esquisser l'homologie des os du membre supérieur et du membre inférieur, en particulier l'homotypie des segments osseux du carpe et du tarse, détermination absolument nécessaire, indispensable même, avant d'aborder l'ossification comparative des os carpiens et tarsiens. L'étude du travail de l'ossification de chacun de ces os, nous servira lui-même d'ailleurs pour établir l'homologie.

Dans le présent mémoire, nous nous attacherons surtout à l'étude comparative du carpe et du tarse, mais au préalable nous esquisserons l'ossification des os carpiens et tarsiens telle que nous l'ont montrée la coupe d'une centaine de mains et d'autant de pieds, provenant d'une série de sujets variant de six mois (vie intra-utérine) à douze ans. Cette étude nous permettra de fixer avec sûreté l'époque d'apparition du point d'ossification de chacun des segments osseux du carpe et du tarse, et d'en suivre l'évolution graduelle jusqu'à l'ossification achevée; elle nous fournira en outre des matériaux précieux pour établir l'homologie des segments carpo-tarsiens en même temps qu'elle nous permettra de terminer par un mot du développement comparatif du carpe et du tarse.

II

Phénomènes précurseurs de l'ossification.

Certains phénomènes précurseurs se passent dans les cartilages carpo-tarsiens avant l'apparition du véritable noyau osseux.

L'ossification tout d'abord, débute au sein de pièces cartilagineuses *vascularisées*. Au centre du cartilage, se remarque un point clair bleuâtre, qui contraste avec l'aspect opaque du reste de la pièce cartilagineuse. Cette apparence claire répond à une modification physique du cartilage. A ce niveau, en effet, la sub-

stance fondamentale est moins grenue et a relativement beaucoup augmenté. Par contre et corrélativement, les capsules de cartilages se sont agrandies et dans leur intérieur, les cellules de cartilage ont proliféré. Autour des vaisseaux, on voit les grandes capsules de cartilage, le plus ordinairement ovalaires ou aplaties, entourer le vaisseau comme les ostéoplastes entourent le vaisseau qui traverse la substance osseuse pour former un système de Havers; quelques cellules, ovoïdes ou en virgule, fortement colorées par le carmin, s'échelonnent autour du vaisseau. Ces éléments rappellent les ostéoblastes, et *semblent* n'être que des cellules de cartilage jeunes et mises en liberté par l'ouverture des capsules.

Ce n'est point là du tissu osseux, longtemps encore peut-être se fera attendre l'apparition de celui-ci, mais c'est là une modification histogénique qui annonce l'ossification. C'est ce que Broca a appelé le « tissu chondroïde » au centre duquel apparaîtra un point opaque, le *point d'ossification*.

Comme dans les cartilages carpo-tarsiens l'ostéogénèse est centrale, toutes ces lignes de tissu chondroïde qui entourent les vaisseaux, se réunissent en un point (centrum) avant que le *tissu chondroïde* subisse une nouvelle modification et passe à l'*état ostéoïde*, nouvelle modification (calcification du cartilage) qui devance de peu l'ostéogénèse proprement dite.

Si l'on prenait le point clair central de la pièce cartilagineuse carpo-tarsienne comme le commencement de l'ossification, on commettrait donc une erreur d'autant plus grande, que ce phénomène peut devancer de beaucoup le travail de l'ostéogénèse.

III

Construction générale et développement du carpe.

Dès le deuxième mois de la vie intra-utérine, sur des embryons de 5-7 cent., les cartilages des os du carpe sont distincts et reconnaissables les uns des autres. Leur nombre est celui des pièces carpiennes de l'adulte, leurs connexions sont les mêmes, leur forme analogue. Les deux rangées sont ordonnées comme chez l'adulte; la voûte carpienne a déjà pris corps, et le trapèze placé sur un plan antérieur aux autres catilages carpiens, à grand diamètre obliquement dirigé en dedans et en avant (la main en pro-

nation) avec sa facette articulaire métacarpienne tournée en dedans et en bas, rend compte de la direction différente et de l'indépendance relative du rayon pollicial, par rapport à ceux des autres rayons métacarpo-phalangiens.

Les diamètres du carpe à cette période de la vie sont les suivants : D. transversal = 3 mill. ; D. longitudinal = 2 mill. ; D. antéro-postérieur moins d'un millimètre. Chacun des cartilages carpiens n'atteint donc pas 1 mill. de diamètre au deuxième mois de la vie embryonnaire.

Telle est la composition générale du carpe. Mais la constitution de cette partie du squelette peut subir certaines modifications et les pièces carpiennes varier de nombre.

Henke et Reyher (1), puis E. Rosenberg (2), Kœlliker (3), Leboucq (4) ont mis à découvert chez de jeunes embryons humains du deuxième au troisième mois, et Gruber (1869), Friedlowsky (1870), Turner (1883), Leboucq (1884), Ruge, ont retrouvé normalement chez l'adulte un cartilage entouré par le trapèze, le trapézoïde, le grand os et par le naviculaire, qui répond manifestement à l'*os central* permanent (intermédiaire de De Blainville, os surnuméraire de Cuvier) de quelques Mammifères, des Reptiles et des Amphibies.

Ce cartilage représentatif disparaît dans le cours du troisième mois (Rosenberg, Kœlliker) par atrophie (Rosenberg), en se soudant et finalement se fusionnant avec le scaphoïde (Henke et Reyher, Leboucq) (5).

(1) Henke et Reyher, *Studien über die Entw. der Extr.* (*Sitzungbericht der Wiener Akad.*, vol. LXX, 1874).

(2) E. Rosenberg, *Ueber die Entwick. der Wirbelsaüle u. das centrale carpi des Menschen Morph. Jahrb.*, t. I, 1876.

(3) Kœlliker, *Embryologie*, éd. franç.; Paris, 1882, p. 511.

(4) Leboucq, *De l'os central du carpe chez les Mammifères* (*Bull. de l'Acad. roy. des sc.*, 1882, et *Acad. de Méd. Belge*, 1884, et *Arch. de Biologie*, t. V, p. 35, 1884).

(5) Cuvier (*Leçons sur l'Anat. comparée*, 2e éd., t. I, p. 425), après avoir considéré l'os central du carpe comme une subdivision du trapézoïde, le regarde finalement comme un démembrement du grand os. Meckel (*Syst. d. vergl. Anat.*, 1825, II, 390), Owen (*On the archetype and homologies of the vertebrate skeleton*; London, 1848, p. 191), De Blainville (*Ostéographie*; Pithécus, 1829), Vrolik (*Rech. d'anat. comp. sur le Chimpanzé*; Amsterdam, 1841, p. 14), Gratiolet et Alix (*Rech. sur l'Anat. des Troglodytes Aubryi*) (*Nouv. arch. du Museum*, II, 1866, p. 82), Humphry (*On the limles of the vertebrates*, 1860, p. 4), Huxley (*Hunterian Lectures*) (*Med. Times*, 1864, vol. I, p. 165), Mivart (*On the appendic. Skeleton of the Primates*) (*Philos. trans.*, vol. CLVII, 1867, p. 317), et autres, se basant sur l'examen comparatif du

Il n'en est pas toujours ainsi, et l'os central peut persister chez l'adulte sous forme d'os surnuméraire. C'est alors un organe représentatif de première valeur en anatomie philosophique.

V. Gruber (de Pétersbourg), Turner, Vincent, Leboucq, ont cité un certain nombre d'exemples de cette persistance.

Wertheimer (1) a retrouvé l'os central dans le corps des Ongulés (Daman), Ed. Retterer (2) dans le carpe d'un fœtus de Gibbon de 6 mois.

Mais Henke et Reyher ont signalé en outre l'existence d'un second os carpien surnuméraire, placé au côté radial du central, entre le scaphoïde et le trapèze.

Il y a plus. Leboucq, en réunissant divers cas publiés par les auteurs, et en les comparant à ses observations personnelles, a pu établir que le scaphoïde, le semi-lunaire, le pyramidal, le trapèze, le trapézoïde, le grand os, pouvaient être représentés chacun par deux ou trois segments indépendants pendant toute l'existence de l'individu, curieuse anomalie sur laquelle nous aurons à revenir plus tard.

Pendant la vie intra-utérine, le carpe tout entier reste cartilagineux.

IV

Ossification du carpe.

Meckel, Sœmmerring, Béclard, J. Cloquet, Cruveilhier, Sappey, Kœlliker, Quain, Holden, n'accordent, pour chacune des pièces carpiennes, qu'un point d'ossification. Meckel et Sœmmerring font commencer celle-ci à la naissance, alors que Béclard, Cruveilhier, Sappey, Kœlliker, Quain, Holden, ne la font débuter qu'à un an, Rambaud et Renault dans le courant de la troisième année. En

carpe de l'homme et des singes supérieurs à carpe homotype d'une part, et des autres singes chez lesquels le central existe, d'autre part, arrivent tous à cette même conclusion : que le central est une partie détachée du scaphoïde.

Leboucq (*Arch. de Biol. de Van Beneden*, t. V, p. 59-66, 1884) en retrouve le vestige, *presque constant*, sur la face dorsale du naviculaire, à l'état de nodule saillant. D'où pour lui, « le central du carpe ne disparaît pas par atrophie, mais se soude avec le radial du carpe pour former le scaphoïde. » (*Loc. cit.*, p. 39.)

(1) Wertheimer, *Soc. de Biol.*, 1885.

(2) Retterer, *Dévelop. du squelette des extrémités* (*Journal de l'Anat.*, 1884, p. 475).

outre, ces derniers auteurs accordent deux centres d'ossification au scaphoïde, deux au semi-lunaire et deux à l'os crochu (1). — Serres de son côté admet trois points osseux pour le scaphoïde (2).

L'ossification débute par la deuxième rangée, et le premier centre osseux se montre sur le grand os, puis peu après dans l'unciforme.

1. *Grand os.* — Six enfants de 8 à 13 mois nous ont offert six fois le même point osseux central du grand os sous forme d'un petit noyau, non pas complètement sphérique, mais légèrement rectangulaire, comme la forme générale du cartilage du grand os lui-même, et d'un grand diamètre de 2 à 3 millimètres. Avant le sixième mois, aucun enfant ne nous a montré le point d'ossification du grand os.

Nous devons conclure que le point osseux du grand os apparaît bien vers la fin de la première année, ainsi que le dit J. Cruveilhier (3), et que si Meckel et Sœmmerring (4) en placent le début trop tôt, Béclard (5), Rambaud et Renault (6) le placent trop tard.

2. *Os crochu ou unciforme.* — Des six enfants précédents, âgés de 8 à 13 mois, cinq portaient le point osseux de l'os crochu, d'un aspect circulaire (sur les coupes), d'un diamètre presque égal à celui du grand os; mais en tous cas, ce noyau osseux n'est pas plus volumineux que celui du grand os, malgré ce qu'en dit Meckel. Un seul de nos enfants portait des os crochus sans centre osseux. Ce dernier fait, la grosseur moindre du point osseux de l'unciforme, nous porte à admettre que le point osseux du grand os apparaît un peu avant celui de l'os crochu. C'est la conclusion de Sappey (7) qui indique 12 à 15 mois pour le début de cette ossification, rapprochant à 12 mois celle du grand os. C'est également celle de Quain, suivi par Holden, qui dit : *That of the unciform appears first ov second year* (8). — Rambaud et

(1) Rambaud et Renault, *Loc. cit.*, p. 212-213.
(2) Serres, *Des lois de l'ostéogénie*, Institut, 1829 et 1838.
(3) Cruveilhier, *Anat.*, I, p. 206, 4e éd., 1862.
(4) Meckel, *Manuel d'Anat.*, I, p. 718, 1825; S.-T. Sœmmerring, *Traité d'Ostéologie et de Syndesmologie* in *Encyclop. anat.*, p. 159, 1843.
(5) P.-A Béclard, *Anat. générale*, p. 522, 4e éd.; Paris, 1865.
(6) Rambaud et Renault, *Loc. cit.*, p. 212.
(7) Sappey, *Anat.*, 3e éd., t. I, p. 120.
(8) *Quain's Anatomy*, vol. I, 9e éd., 1882, p. 102.

Renault placent donc à une date trop tardive l'ossification de l'unciforme. Ajoutons que, suivant ces auteurs, un point spécial existerait pour l'apophyse de cet osselet, ce qui porterait à deux ses centres d'ossification. J. Cloquet partage la même opinion (1). Nous n'avons pu retrouver ce centre osseux de l'apophyse de l'unciforme.

3. *Pyramidal.* — Avant d'envahir le reste de la deuxième rangée, l'ossification se porte sur la première. Le premier os envahi dans cette dernière est le Pyramidal, contrairement à l'opinion de Rambaud et Renault, qui font débuter l'ossification dans la première rangée du carpe par le scaphoïde, puis le semi-lunaire.

J. Cruveilhier place de 3 à 4 ans le développement du centre d'ossification du pyramidal; Sappey estime cet âge à 2 ans 1/2 ou 3 ans, et Béclard dit vers 3 ans, âge également donné par Quain et Holden.

Sur les six enfants précédents, deux fois nous avons trouvé le point osseux du pyramidal chez l'un d'eux âgé de 8 mois seulement, chez un autre d'un an (pl. X, fig. 3). A côté de cette précocité relative, j'ai rencontré des enfants de 20 mois, de 2 ans, de 2 ans 1/2 et même de 3 ans 1/2, dont le pyramidal ne portait encore aucun centre d'ossification.

Le début de celle-ci peut donc varier dans d'assez grandes limites, et le chiffre de 2 à 3 ans doit se rapprocher beaucoup de l'âge moyen de cette ossification. A 4 ou 5 ans, on le rencontre toujours.

4. *Semi-lunaire.* — Meckel et Sœmmerring placent l'ossification du semi-lunaire et du scaphoïde à la même période; Ranbaud et Renault admettent que celle du scaphoïde commence un peu avant celle du semi-lunaire. J. Cruveilher, P.-A. Béclard placent le début de cette ossification en même temps que celle du trapèze, entre 4 et 5 ans; Sappey l'estime au même âge, Holden dans la cinquième année, et Kœlliker également; Quain à 5 ans. Avant cet âge, Retterer a trouvé le scaphoïde, le semilunaire, le trapèze et le trapézoïde à l'état de cartilages vasculaires.

Le carpe d'un enfant de 3 ans nous a offert le point osseux du semi-lunaire, arrondi et d'un diamètre de 2 mill. environ, mais

(1) J. Cloquet, *Anat.*, t. I, p. 120.

huit carpes d'enfants de 4 à 5 ans ne nous en ontoffert aucune trace. Les enfanss de 6 ans nous l'ont tous montré au contraire, plus ou moins circulaire, central et d'un diamètre de 3 à 4 mill.

Nous concluons donc que le semi-lunaire s'ossifie entre 5 et 6 ans, mais plus généralement vers la fin de la cinquième année, rarement avant la 4e (pl. X, fig. 5).

Suivant Serres, cet os se développerait par deux petits points osseux, très rapprochés, mais biens distincts, — que je n'ai pas eu le bonheur de retrouver.

5. *Trapèze*. — Rambaud et Renault placent l'ossification de cet os à la fin de la 4e année (quelquefois même, disent-ils, à 5 ans). Sappey, Kœlliker, fixent ce travail à 5 ans. Cette date est peut-être encore trop précoce. Nous avons, en effet, rencontré le début de l'ossification du trapèze beaucoup plus souvent à 6 ans qu'à 5 ans (pl. X, fig. 8). Quain le fixe cependant aussi à la cinquième année, ainsi qu'Holden (1).

6. *Scaphoïde*. — Il est rare d'observer un point osseux dans le scaphoïde avant la sixième; tout au moins cinq carpes nous l'ont-ils présenté qu'à partir de 6 ans.

La fig. 8 de la pl. X, montre nettement le développement réciproque des centres d'ossification du carpe d'un enfant ♂ de 6 ans.

Sappey estime cette apparition à l'âge de 5 ans 1/2; Kœlliker ainsi que Quain, la fixent entre 6 et 7 ans, Schwegel indique comme limites extrêmes 2 et 8 ans; P.-A. Béclard, Holden, à 8 ans, Cruveilhier de 8 à 9, ce qui est trop tard, car, comme nous, Retterer a trouvé un point osseux dans tous les os du carpe, sauf dans le pisiforme, entre 6 et 7 ans (*loc. cit., p.* 532).

Rambaud et Renault admettent deux centres osseux très rapprochés pour le scaphoïde.

7. *Trapézoïde*. — La matière osseuse apparaît dans cet osselet entre 6 et 7 ans, plus tôt, par conséquent, que ne le disent Kœlliker, Quain, Béclard, Holden et J. Cruveilhier (2), plus tard que ne l'admettent Sappey, Rambaud et Renault (3).

8. *Pisiforme*. — Ce petit os, placé hors rang et comme sura-

(1) HOLDEN, *Human osteology*, p. 252, London, 1882.

(2) J. Cruveilher place cette date de 8 à 9 ans; Kœlliker et Quain, de 7 à 8 ans; Béclard et Holden à 9 ans.

(3) Sappey estime cette époque à 6 ans; Rambault et Renault à l'âge de 5 ans.

jouté aux os du carpe, a été considéré à tort comme un sésamoïde par Vésale, Coiter, Sœmmerring, Rambaud et Renault, entr'autres. Alors que les uns disent qu'ils s'ossifient dès l'âge de 6 à 7 ans (Meckel, Sœmmerring), les autres reportent cette date à 12 ans (Béclard, Kœlliker, Quain), et même 12 ou 15 ans (Cruveilhier, Rambaud et Renault). Sappey, de son côté, fixe l'ostéogénèse du pisiforme entre 8 et 10 ans.

Pour notre part, nous avons rencontré ce petit os en partie ossifié sur une fillette de 11 ans et sur un garçon de 12 ans. Mais ce qu'il y a d'intéressant à retenir, c'est que chez ces deux enfants l'ossification du pisiforme s'est faite par deux points osseux (pl. X, fig. 9).

Les os du carpe n'ont point d'épiphyse; tous se développent par un seul foyer osseux, à l'exception du pisiforme et peut-être du scaphoïde, de l'os crochu et du semi-lunaire, si on s'en refert à l'opinion de Serres, J. Cloque, Rombaud et Renault (1).

Résumé chronologique de l'ossification du carpe :

1. Grand os ou capitatum..........	=	11 à 12 mois.
2. Os crochu ou unciforme........	=	12 à 14 mois.
3. Pyramidal....................	=	3 ans.
4. Semi-lunaire.................	=	5 à 6 ans.
5. Trapèze......................	=	6 ans.
6. Scaphoïde ou naviculaire	=	6 ans.
7. Trapézoïde...................	=	6 à 7 ans.
8. Pisiforme....................	=	10 à 12 ans.

V

Construction générale et développement du tarse.

Le tarse humain possède, dès l'origine, les segments, au nombre de sept, qu'il aura chez l'adulte. Toutes les pièces qui le constituent apparaissent sous la forme première d'un nodule cartilagineux. Sur des embryons de 4 et 5 cent. (vertex-coccyx), c'est déjà un pied avec sa voûte et ses piliers, dessinés sous forme de talon, tête du premier et du cinquième métatarsien.

(1) Nous verrons plus loin que l'homologie elle-même plaide contre ces doubles foyers osseux du scaphoïde, de l'os crochu, du semi-lunaire. Quand ils existent ce sont des points anormaux qui réapparaissent comme un souvenir des segments multidigités de nos ancêtres, et qui en réalité représentent un segment atrophié et disparu.

Alors, cependant, la largeur du tarse au niveau de la deuxième rangée ou rangée métatarsienne, n'excède pas 2 mill.

Il en est de même chez l'embryon de gibbon ainsi qu'il résulte des recherches de Ed. Retterer, Huxley. Miwart et C. Vogt, du reste, ont depuis longtemps fait remarquer que le squelette du pied des Anthropoïdes n'est pas celui d'une main. Si ces animaux ont un *pied préhensible*, ils le doivent à la disposition spéciale des surfaces articulaires du premier cunéiforme, taillé un peu en avant et en dedans pour recevoir le premier orteil (gros orteil), comme l'est le trapèze pour s'articuler avec le pouce. Cela n'empêche que ce pied n'est pas une main et que la dénomination de *Quadrumanes* appliquée aux singes, consacre une erreur anatomique.

Cependant, on peut observer un cartilage supplémentaire dans la charpente du tarse. R. Owen, Meckel, Retterer ont signalé huit cartilages tarsiens dans le squelette du tarse de certains rongeurs (Cobaye, Rat), le cartilage supplémentaire occupant la face interne du scaphoïde (1). Nous verrons plus loin l'importance de ce fait.

Tous les os du tarse s'ossifient par un seul point osseux, à l'exception du calcanéum qui voit assez tardivement venir s'ajouter à son point osseux central, un point épiphysaire né à son extrémité postérieure. C'est la répétition exacte de ce qui se passe à la main, où le pisiforme, pour le dire de suite, représente le calcanéum.

VI

Ossification.

Vie intra-utérine. — *Calcanéum.* — *Astragale.* — Avant le huitième mois, aucun des os du tarse n'est ossifié, à l'exception du calcanéum et de l'astragale.

De neuf fœtus, deux de 19 cent. (vertex-coccyx) m'ont présenté l'un le point primitif du calcanéum, l'autre aucun point osseux. Ce point du calcanéum avait 2 mill. de diamètre et n'était point situé au centre de l'os, mais tout près de sa face externe (pl. X, fig. 10 et 11).

(1) R. Owen. *Anat. of. Vertebrates*, II, p. 139; Ed. Retterer, *loc. cit.*, p. 598.

Trois fœtus de 20 cent. avaient tous trois le point osseux primitif du calcanéum, au même siège dans le calcanéum que chez les fœtus ci-dessus de 19 cent., mais un peu plus volumineux; de plus, le point de l'astragale, gros comme une tête d'épingle au niveau et au centre de son col (pl. X, fig. 11), existait chez l'un d'eux.

De deux fœtus de 22 cent., l'un avait seulement le point du calcanéum, l'autre n'avait aucun point osseux, ni au calcanéum, ni à l'astralgale.

De deux fœtus ♂ de 25-38 cent., l'un avait les points osseux de l'astralgale et du calcanéum (pl. X, fig. 10), le point du calcanéum d'un diamètre de 4 mill., celui de l'astragale de 2 mill.; l'autre ne possédait encore que le centre osseux du calcanéum.

En résumé, sur sept fœtus de 20 à 22 cent. (vertex-coccyx), six avaient le point osseux primitif du calcanéum, un seul avait les premiers rudiments du point osseux de l'astragale; de deux fœtus de 25-38 cent., l'un d'eux n'avait point encore le point de son astragale.

D'où, si nous considérons qu'un fœtus de 20 cent. (vertex-coccyx) est du milieu du cinquième mois lunaire, alors que les fœtus de 25 cent. sont du commencement du sixième mois lunaire, nous pouvons dire que l'ossification du calcanéum commence dans la première moitié du cinquième mois de la vie fœtale, celle de l'astragale ne commençant qu'un mois plus tard.

La plus grande précocité du développement de l'ostéogénèse dans l'astragale est une exception; alors même qu'il en est ainsi, le diamètre réciproque des points osseux du calcanéum et de l'astragale, fait toujours facilement reconnaître que le point du calcanéum est le plus vieux. Rambaud et Renault (1), Campana (2), en fixant le premier point de l'ossification du calcanéum à 4 mois 1/2, lui ont peut-être accordé une trop grande précocité; Meckel (3), Sappey (4), Quain (5), Kœlliker (6),

(1) Rambaud et Renault, *Loc. cit.*, p. 236.

(2) Campana, *Dict. encyclop. des Sc. Méd.*, art. Membres, t. VI, 2e série, p. 182, 1874.

(3) Meckel, *Manuel d'Anat.* I, p. 718, 1825.

(4) Sappey, *Anat.*, 3e éd., I, p. 468, 1875.

(5) Quain, *Anatomy*, 9e éd., vol. 1, p. 125, 1882.

(6) Kœlliker, *Embryol.*, p. 511, 1882.

T. Vrolik (1) en le plaçant au sixième mois lui accordent une trop grande tardivité. A plus forte raison, L. Holden (2) qui le met vers le septième mois.

Plus près de la vérité est Béclard en le plaçant à mi-terme.

En disant que le point osseux de l'astragale paraît « vers six mois, » Rambaud et Renault, bien que peu précis, étaient bien près de la vérité; ceux (Meckel, Quain, Kœlliker, Holden) qui placent le début de cette ossification dans le septième mois, le reportent à une date trop éloignée; à plus forte raison Sappey, d'après qui, le point osseux de l'astragale ne se montrerait que dans les derniers jours de la grossesse.

D'après Rambaud et Renault, Quain, Holden, le point épiphysaire du calcanéum apparaît vers 10 ans et se soude au corps de l'os vers la seizième année; Meckel, Cruveilhier le font naître de la huitième à la dixième année, Sappey de 7 à 8 ans, et Kœlliker de 6 à 10 ans. Sa soudure au reste du calcanéum n'a lieu que de 16 à 18 ans, suivant Sappey. Sur certains squelettes Rambaud et Renault ont encore observé des traces de séparation à la vingt-deuxième et même même à la vingt-quatrième année. A la douzième année, ce point est déjà volumineux, et la bande de cartillage qui le sépare du point osseux primitif qui a envahi à peu près tout le calcanéum ne dépasse point 2 mill. d'épaisseur (pl. XI, g. 20, B.).

Ce point apparaît dans la portion achilléenne du calcanéum sous forme d'une lame qui s'étend et coiffe en forme de calotte l'extrémité de l'os du talon. En se prolongeant sur la face inférieure du calcanéum, cette lame osseuse épiphysaire va constituer ses deux tubérosités.

Suivant Rambaud et Renaud, suivis par Campana cependant, le tubercule calnéen externe aurait une épiphyse particulière. Cette épiphyse pourrait même rester isolée, ce qui l'a fait considérer comme un os sésamoïde par quelques auteurs. Rambaud et Renault signalent son analogie avec le pisiforme, mais ne vont pas au delà de cette parole platonique.

Vie extra-utérine. — *Cuboïde*, *Cunéiformes*, *Scaphoïde*. — Sur sept fœtus à terme, j'en ai trouvé quatre avec le point d'os-

(1) Vrolik, *Aonteckeningen over de Ontleedkunde von der carpus*, Leiden, 1866.

(2) L. Holden, *Human Osteology*, p. 188-190.

sification du cuboïde, ayant alors une forme arrondie ainsi qu'il restera plus tard tout en grandissant, avec un diamètre de 1 à 2 mill.; chez les trois autres nouveau-nés, le cuboïde ne portait aucun point d'ossification, il est vrai, mais il était très vascularisé et autour des vaisseaux se voyait le tissu chrondo-ostéoïde précurseur du point osseux.

Il peut donc se faire que l'ossification du cuboïde n'ait point commencé à la naissance, mais c'est une exception que de ne pas la voir au douzième mois, c'est-à-dire deux mois après la naissance à terme. Rambaud et Renault (1) ont donc raison de dire que « à la naissance, l'ossification commence au milieu du cuboïde, » mais nous verrons que l'on ne peut ajouter avec eux : et au milieu du « grand cunéiforme. »

L'opinion que nous émettons, et qui n'est que le résultat brutal de nos coupes, est conforme à celle de Cruveilhier (2) qui dit qu'il a vu l'ossification du cuboïde commencée chez un fœtus à terme, conforme à celle de Quain, Sœmmerring, Holden, Campana, etc.; elle est contraire et infirme celle de Meckel, qui prétend que cette ossification commence dès le huitième mois de la vie fœtale; elle est opposée à celle de Béclard d'après qui le cuboïde ne s'ossifie que quelques mois après la naissance; opposée à celle de Blumenbach qui place cette ossification à 18 ou 24 mois après la naissance, ainsi qu'à l'assertion d'Albinus, et nombre d'autres anatomistes, qui disent que dans le tarse du fœtus à terme, tous les os sont encore cartilagineux, à l'exception du calcanéum et de l'astragale. Sappey place cette ossification au sixième mois après la naissance, alors que Kœlliker dit qu'assez souvent le cuboïde présente un point osseux au septième mois de la vie fœtale.

Le centre d'ossification du troisième *cunéiforme* (en comptant du dedans au dehors) est celui qui paraît après le point du cuboïde. Onze enfants de 5 à 20 mois nous l'ont offert : deux avaient moins d'un an (l'un 5, l'autre 8 mois), trois 12 mois, deux 13 mois, deux 15 mois, deux 20 mois ; par contre, un enfant de 13 mois, un autre de 20 mois et un de 2 ans, avaient un cunéiforme entièrement cartilagineux encore.

Le tarse d'un enfant de 3 ans nous a même présenté le point

(1) Rambaud et Renault, *Loc. cit.*, p. 237.
(2) Cruveilhier, *Anatomie*, t. I, p. 252.

osseux central du troisième cunéiforme moins développé que chez les enfants précédents âgés de 5 à 20 mois.

En plaçant l'ossification du troisième cunéiforme de 12 à 15 mois, je pense qu'on doit se rapprocher beaucoup de l'âge général d'apparition de ce centre osseux. C'est d'ailleurs à peu près l'âge accordé à la genèse de ce point par Sappey, Quain, Holden, qui le font apparaître un an environ après la naissance. Lorsque Béclard, Rambaud et Renault, J. Cruveilhier, Kœlliker font naître le point osseux du troisième cunéiforme après ceux du deuxième et du premier, vers 3 ou 4 ans, c'est sans doute parce qu'ils comptent les cunéiformes à partir du bord péronéal du pied.

Après le troisième (en comptant du bord interne au bord externe du pied) c'est le *grand* ou premier cunéiforme qui s'ossifie, ordinairement avant le deuxième cunéiforme, et surtout avant le scaphoïde qui est beaucoup plus tardif, quoiqu'en dise Schwegel (1).

Sur quatorze enfants de 13 mois à 3 ans 1/2, j'ai trouvé le point osseux du premier cunéiforme, une fois à 13 mois, trois fois de 18 à 20 mois, cinq fois de 2 ans à 2 ans 1/2, trois fois à la troisième année.

Sur vingt-cinq enfants de 20 mois à 5 ans, trois de 20 mois n'avaient point de noyau osseux dans le premier cunéiforme, deux de 2 ans, trois de 3 ans et un de 5 ans étaient dans la même situation. Cinq fois sur sept, le travail d'ossification avait commencé sur des sujets de 2 à 3 ans.

D'après mon calcul, 61 0/0 auraient le point osseux du premier cunéiforme à la troisième année. La majeure partie de ces os s'ossifient donc vers la troisième année, le reste entre 3 et 4 ans, beaucoup plus rarement après, une fois environ sur vingt tarses.

C'est donc avec raison que Quain place l'ossification du premier cunéiforme à la troisième année : « that of the internal cuneiform in the 3 rd year (2). » Pour Holden (3), le cunéiforme interne, le moyen cunéiforme et le scaphoïde s'ossifient tous les trois entre 3 et 4 ans. Sappey intervertit l'odre que nous adop-

(1) SCHWEGEL, *Die Entwick, der Knochen des Hammes u. der Extrem.* (*Sitzber der Wienne, Akad*, XXX, p. 337, 1858.

(2) QUAIN'S, *Anatomy*, I, p. 125, 9e éd., 1882.

(3) HOLDEN, *Human Osteology*, p. 195, 6e éd., 1882.

tons. Pour lui, le premier des cunéiformes qui devient osseux est le troisième (à un an), puis le deuxième, à 3 ans, et enfin le premier, de 3 à 4 ans. Campana (1) admet que le scaphoïde commence à s'ossifier très peu avant les deux derniers cunéiformes, mais c'est là l'exception, non la règle.

Quant à l'ordre d'ossification adoptée par Kœlliker (2) : première année, scaphoïde et premier cunéiforme; 3 ans deuxième cunéiforme; 4 ans, troisième cunéiforme, et il est contraire à l'ordre des faits observés.

Le point osseux du *cunéiforme moyen*, petit ou intermédiaire, paraît aussitôt après celui du premier cunéiforme ou cunéiforme interne (tibial), parfois presque en même temps. Quain estime son apparition à 4 ans, époque à laquelle s'étaient d'ailleurs rangés depuis longtemps Béclard, Rambaud et Renault et J. Cruveilhier.

Sur huit enfants de 3 ans, un seul n'avait point de noyau osseux dans le petit cunéiforme. Cinq enfants de 18 mois à 2 ans m'ont présenté ce noyau, mais beaucoup plus petit. Dans tous les cas, alors même que les trois cunéiformes sont en voie d'ossification, on reconnaît toujours que ce travail est moins avancé dans le petit cunéiforme, d'où l'on peut conclure que son point osseux est le plus retardataire de ceux des cunéiformes. Toutefois, ainsi que l'admet Sappey, le noyau osseux du deuxième cunéiforme peut naître avant celui du premier, mais au lieu d'être la règle, cette disposition est l'exception, car je ne l'ai rencontrée qu'une fois sur quinze tarses. Les exceptions ne sont pas rares d'ailleurs dans l'ordre de succession de l'ossification des os du tarse, car j'ai pu voir un petit point osseux très net dans le deuxième cunéiforme d'un enfant de 8 mois, dont le premier cunéiforme ne portait aucun grumeau osseux.

Comme sur sept enfants de 3 ans, un seul n'avait point le point osseux du deuxième cunéiforme, je pense qu'il m'est permis d'admettre que le *plus souvent*, l'ossification de ce cunéiforme s'effectue vers la troisième année.

Reste l'ossification du scaphoïde.

Le *scaphoïde* est le plus tardif des os du pied. Bien que Campana admette que cet os s'ossifie avant les deux derniers cunéi-

(1) Campana, *Loc. cit.*, p. 482.

(2) Kœlliker, *Embryol.*, p. 511, Paris, 1882.

formes (les plus internes), il me paraît hors de doute qu'il n'en est pas ainsi, quatre-vingt dix-neuf fois sur cent, j'oserai même dire.

D'autre part, c'est une erreur d'admettre avec Sœmmerring et Schwegel que l'ossification de cet os date de la première année. Sur une *centaine de tarses* que j'ai coupés, je n'ai pas rencontré un seul scaphoïde aussi précoce.

Chez un enfant ♀ de 13 mois seul, le scaphoïde portait un petit point osseux central et elliptique, à grand diamètre dirigé suivant son grand axe et long de 3 millimètres. Les trois cunéiformes étaient en voie d'ossification chez ce jeune sujet, et *plus avancés* dans ce travail que le scaphoïde. (Voy. pl. XI, fig. 19.)

Béclard place l'ossification du scaphoïde à la cinquième année; Rambaud et Renault de 4 ans 1/2 à 5 ans 1/2; Sappey de 3 à 4 ans, parfois de 4 à 5; Quain entre 4 et 5 ans, et F. Holden entre 3 et 4 ans.

Sur huit scaphoïdes provenant d'enfants de 3 ans, un seul présentait un point d'ossification. Les tarses des enfants de 4 à 5 ans le présentent généralement. Cependant de même que j'ai vu l'ostéogénèse commencée dans le scaphoïde, une fois au treizième mois, une autre fois au dix-huitième, de même aussi j'ai rencontré plusieurs fois le scaphoïde non osssifié à la cinquième année.

En moyenne, j'estime cette ossification entre 4 et 5 ans.

J. Cloquet accorde deux points osseux à l'astragale, et Rambaud et Renault font ossifier le scaphoïde par deux points primitifs qui ne tardent pas à se réunir et apparaissent en même temps. Je n'ai pas eu la chance de rencontrer cette disposition.

Résumé : un seul noyau d'ossification pour tous les os du tarse; un point épiphysaire pour le calcanéum vers la dixième année.

Ces points paraissent dans l'ordre suivant :

Ossifiés dans la vie intra-utérine :	Calcanéum..	5e mois lunaire.
	Astragale...	6e mois lunaire.
Vie extra-utérine :	Cuboïde................	à la naissance à terme.
	3e cunéiforme...........	12 à 15 mois.
	1er ou grand cunéiforme..	2 à 3 ans.
	2e ou petit cunéiforme....	très peu après.
	Scaphoïde..............	de la 4e à la 5e année.

VII

Utilisations pratiques des résultats précédents.

Je ne veux pas entrer ici dans les applications pratiques qui peuvent résulter, en chirurgie et en médecine légale, de la connaissance exacte de l'ossification des os du carpe et du tarse. Je ne puis cependant passer sous silence que ce sont là des os courts composés de tissu spongieux recouvert d'une mince calotte de tissu compacte qui ne paraît qu'alors que le travail de l'ossification est très avancé. Dans ces os, la moelle et les vaisseaux sont abondants, mais en même temps très variables, suivant les sujets, d'où très probablement les prédispositions individuelles aux lésions inflammatoires.

On sait la fréquence des ostéites et des caries des os du tarse chez les petits sujets scrofuleux ; eh bien ! ce phénomène nous a paru en rapport avec une vascularisation intense du cartilage en voie d'ossification et un foyer osseux contenant une abondante moelle rouge. En général, ces os sont d'autant plus vasculaires que le sujet est plus jeune, ce qui est en rapport avec leurs plus fréquentes lésions inflammatoires à cette époque.

En ce qui concerne la médecine légale, je me bornerai à dire qu'il n'est pas indifférent au médecin légiste de connaître exactement l'époque d'apparition des foyers osseux des os du carpe ou du tarse. En effet, cette simple donnée pourra lui permettre, à l'occasion, de déterminer avec précision l'âge d'un enfant dont il ne pourrait disposer que d'une main ou d'un pied, retrouvé, après « *dépeçage* », dans une fosse d'aisance ou un égout.

VIII

Homologie et ossification comparative des segments carpo-tarsiens.

Il n'est pas sans intérêt de savoir si le carpe devance le tarse dans son ossification ou inversement, ce qui est connu d'une manière générale d'ailleurs, disons-le de suite; mais il est peut-être plus intéressant encore en anatomie générale de connaître l'ossification comparative des pièces tarso-carpiennes homologues.

La première chose à faire est donc d'établir l'homologie des pièces du carpe et du tarse.

C'est donc par une difficulté doublée d'une difficulté antécédente, celle de l'homologie des membres thoracique et abdominal que nous avons à commencer.

Nous serons bref sur l'homologie des premiers segments des membres antérieur et postérieur, et nous n'en dirons, ou plutôt rappellerons, que juste ce qu'il faut pour établir l'homologie des segments du carpe et du tarse, étude préliminaire indispensable, avant d'aborder le développement ostéogénique des pièces carpiennes, comparé au même développement des pièces tarsiennes homologues.

L'étude de la main et du pied est des plus intéressante; l'air de famille des extrémités des différentes espèces de la série des vertébrés est un des points les plus éloquents que l'anatomie comparée puisse fournir à la doctine généalogique.

§ 1. — Homologie des membres thoracique et pelvien.

Galien affirmait déjà l'analogie du membre antérieur et du membre postérieur. Mais l'ancienne anatomie n'en sut jamais plus long que le fameux médecin de Pergame.

Winslow et Vicq-d'Azyr, au siècle dernier, Cuvier, Flourens, P. Gervais, Ch. Martins, Lavocat, Foltz, Gegenbaur, Arloing, A. Julien, A. Sabatier, Albrecht, plus près de nous, se sont occupés de l'homologie des membres pelviens et thoraciques.

Vicq-d'Azyr (1), le premier qui ait abordé sérieusement le problème, suivi par Cuvier, recommande de mettre en parallèle le membre antérieur d'un côté et le membre postérieur du côté opposé, pour rétablir le parallélisme des axes des cols du fémur et de l'humérus.

La comparaison de Vicq-d'Azyr, acceptée par Sappey dans la 2e édition de son traité d'anatomie, et par Foltz (2), est unanimement abandonnée aujourd'hui, et Sappey lui-même, dans la dernière édition de son Anatomie (3), accepte « la torsion »

(1) Vicq-d'Azyr, *Parallèle des os qui composent les extrémités* (*Mém. de l'Acad. des sc.*, 1671).

(2) Foltz *Homologie des membres pelviens et thoraciques* (*Journ. de la Physiol. de Brow-Séquard*, t. VI, p. 49-80, 1863.

(3) Sappey, *Anat.*, 3e édit., t. I, p. 444, 1875.

de l'humérus, d'où, dès lors, le radius devient l'homologue du tibia, le pouce, l'homologue du gros orteil, contrairement à Foltz qui admet que le pouce correspond au petit orteil.

En 1832, Bourgery (1) imagina l'*hypothèse du croisement*, qu'adopta J. Cruveilhier en 1843. Dans cette comparaison des membres, on regarde la partie supérieure du tibia avec la rotule comme représentant le cubitus surmonté de l'olécrane, tandis que la partie inférieure du même os devient l'analogue de la partie inférieure du radius. Cette hypothèse insoutenable fut abandonnée par J. Cruveilhier en 1862, qui se rallia des premiers à la théorie de la « torsion humérale » (2).

Flourens (3) et Lavocat (4) comparent l'un à l'autre les deux membres d'un même côté, après avoir placé la main en pronation naturelle par rotation du radius sur le cubitus.

Non satisfait de ces comparaisons, Ch. Martins imagina, en 1857, l'hypothèse de la « torsion de l'humérus ».

L'humérus, dit Ch. Martins (5), est un « fémur tordu » ; si l'on veut comparer ces deux os, il faut donc « *détordre* » l'humérus. Le résultat de cette opération est de placer l'épitrochlée en dehors, l'épicondyle en dedans. Cela fait, la comparaison des membres thoraciques et pelviens n'offrait plus aucune difficulté. En effet, le col de l'humérus est dirigé en dedans comme celui du fémur; la partie tricipitale des deux os, l'olécrâne comme la rotule sont en avant, le radius correspond au tibia, le cubitus au péroné, le pouce au gros orteil. Or, cette *détorsion* de l'humérus donne, pour le membre thoracique, la mesure de la modification qui s'est opérée chez les vertébrés supérieurs; et cette mesure est représentée chez l'homme et les anthropoïdes par une *torsion de l'humérus* de 180° (demi-circonférence), alors que la même torsion *humérale* ne dépasse point 90° chez les autres mammifères, terrestres ou aquatiques, les cheiroptères, les oiseaux et les reptiles.

(1) Bourgery, *Traité de l'Anat. de l'homme*, 1832, I, p. 133.

(2) J. Cruveilhier, *Anat. descriptive*, 4 édit., t. I, p. 265, 1862.

(3) Flourens, *Ann. des Sc. nat.*, 1838, t. X, p. 35.

(4) Lavocat, *Sur le parallèle des membres thoraciques et pelviens*. Toulouse, 1868.

(5) Ch. Martins, *Nouvelle comparaison des membres* (*Ann. des Sc. nat.*, 4e série, t. VIII, p. 45, et *Dict. encyclop. des Sc. méd.*, 2e série, t. VI, p. 487, 1873.)

Pour Ch. Martins (1), la torsion de l'humérus de 180° se décompose, dans tous les mammifères autres que les primates, en deux torsions, l'une du col, de 90°, l'autre du corps, également de 90° (chez ces animaux, l'axe du col est dirigé d'avant en arrière). Pour cet anatomiste, l'humérus de quadrupède est tordu de 180°, comme celui du bipède; mais alors que chez l'homme et les anthropoïdes, cette torsion est tout entière dans le corps de l'humérus, elle se subdivise en deux sous-torsions dans les quadrupèdes, 90° pour le corps et 90° pour le col de l'humérus. — Broca, au contraire, admettant que la seconde torsion s'effectue au niveau de l'*articulation scapulo-humérale*, n'admet par cela même qu'une torsion de 90° pour l'humérus des quadrupèdes (2). Ch. Martins, pans son premier mémoire, n'admettait qu'une torsion *virtuelle* de l'humérus (1857), mais après les recherches de Gegenbaur (3), il admet une torsion *réelle* (1873).

« Les mesures faites par Gegenbaur, sur 36 humérus d'Européens adultes, dit-il, prouvent que ces axes (axes du col de l'humérus et axe de la trochlée) font entre eux un angle moyen de 12°, ce qui donne, pour l'angle de torsion de l'humérus, une moyenne de 168° et varie de 178° à 148°..... Un autre résultat important, c'est que, sur 8 humérus frais de jeunes enfants âgés de trois à neuf mois, l'angle de torsion s'est trouvé n'être plus que de 146°, et, sur 8 fœtus, âgés de douze à treize semaines, il se réduit à 121°. Ainsi donc, la torsion de l'humérus n'est pas uniquement virtuelle comme je l'avais cru, elle se continue réellement dans l'état fœtal, infantile et adulte, et, d'après les mesures de Gegenbaur, cette torsion complémentaire, observée par lui, serait de 47°, à partir du huitième mois jusqu'à l'âge adulte. Je persiste néanmoins à considérer comme virtuelle la torsion initiale de l'humérus. Ainsi, chez un fœtus de huit mois, l'os est tordu de 121°, et, depuis cet âge jusqu'à l'âge adulte, il se tord *effectivement* de 47°. Mais, auparavant, il est tordu virtuellement et non mécaniquement d'un certain

(1) Ch. Martins, *Dict. encyclop.*, art. Membres, p. 487.

(2) P. Broca, *L'ordre des Primates* (*Bull. de la Soc. d'Anthrop.*, 2e série, t. IV, p. 228, 1870).

(3) Gegenbaur, *Ueber die Drehung des Humerus* (Jenaische Zeit., IV, p. 50, et *Ann. des Sc. nat.* 5e série, t. X, p. 55.

nombre de degrés. En effet, du jour où le membre antérieur apparaît sur un fœtus âgé de quelques semaines, le bras se fléchit *en avant* et la main est en demi-pronation ; une torsion s'est donc déjà opérée, mais l'os n'en porte aucune trace, puisqu'il se montre sous la forme d'une palette aplatie et identique, sauf la grandeur, à celle du fémur. Mais, par suite de l'adaptation fonctionnelle héréditaire, l'avant-bras se fléchit déjà en avant, tandis que la jambe se fléchit en arrière. De l'état fœtal à l'état adulte, la torsion se complète et s'achève » (1).

On peut donc démontrer, *en partie*, que la torsion de l'humérus s'opère pendant l'ontogénèse.

La théorie de la torsion humérale n'a pas été acceptée sans contradiction. Foltz (2) lui oppose ce fait anatomique, à savoir que l'on peut suivre le bord antérieur de l'humérus depuis la coulisse bicipitale, où il commence, jusqu'à la cavité coronoïde où il finit. Cet argument indéniable est considérable. Il est en effet manifeste que l'humérus de tous les mammifères, et même celui des Sauropsidés, présente toujours une « ligne âpre antérieure » qui va, directement et sans torsion, de la trochlée au bord antérieur ou externe de la coulisse du biceps.

Campana (3) objecte qu'il n'y a pas plus de «fibres tordues dans l'humérus que dans le fémur », et à leur tour, Alexis Julien (4) et A. Sabatier (5) repoussent la théorie de Martins.

Le membre inférieur se montre aussi bien que le membre supérieur chez l'embryon, sous la forme d'une palette parallèle au plan vertébro-sternal, ainsi que le dit Ch. Martins lui-même, comme la nageoire ventrale des poissons; mais dans tous les animaux terrestres, vivants ou fossiles, elle se retourne ensuite vers le sol, et se maintient dans cette position. D'où A. Julien conclut justement que le membre abdominal subit une torsion comme le membre thoracique.

L'humérus n'est donc pas un « fémur retourné » et le membre

(1) Ch. Martins, *Dict. encyclop.*, t. VI. 2e série, p. 488.

(2) Foltz, *Loc. cit.*, p. 57.

(3) Campana, *Dict. encyclop. des scienc. méd.*, art. Membres, p. 483, 1873.

(4) A. Julien, *De l'homotypie des membres thoraciques et abdominaux.* (*Rev. d'Anthrop.* 2e série, t. II, p. 13-21, 1879.)

(5) A. Sabatier, *Comparaison des ceintures et des membres dans la série des vertébrés*, 1880.

abdominal n'est pas le membre type, car sa position est acquise comme celle du membre thoracique.

Sans vouloir aborder l'examen de la critique que A. Sabatier a consacrée à la théorie de Ch. Martins, ce qui ne serait pas ici le lieu, j'ajouterai cependant que A. Sabatier adopte les idées de A. Julien en les complétant.

« Parvenu à la conviction la plus entière que la torsion de l'humérus n'était qu'une trompeuse apparence en contradiction avec les faits », A. Sabatier a proposé sa « théorie articulaire ou théorie de la rotation (1). »

Considérant que les muscles conservent mieux qu'on ne le dit leurs insertions, A. Sabatier, en se basant sur la disposition de ces organes arrive à conclure : 1° « que l'avant-bras des quadrupèdes a été porté à un état de pronation forcée par une forte translation du radius en avant et en dedans, par sa rotation très prononcée en dedans sur son axe, par la translation du cubitus en arrière et en dedans, et par sa rotation très faible en dedans sur son axe ; 2° que la jambe des Quadrupèdes et des Bipèdes a été placée dans un état de supination exagérée, par la translation accentuée du péroné en arrière et en dedans, et par sa rotation assez prononcée en dehors, en même temps que par la translation modérée du tibia en avant et en dehors, et sa rotation très faible aussi en dehors sur son axe. »

Ce qu'il y a de vrai, en effet, c'est que pour comparer les deux

(1) Pour A. Sabatier, l'humérus n'est point tordu, ou tout au moins la moitié supérieure de cet os ne présente aucune trace de la gouttière de torsion. Si le corps de l'humérus était réellement tordu, ajoute-t-il, les insertions musculaires porteraient les traces de cette torsion ; le trajet spiral du nerf radial n'est pas une preuve de la torsion, puisque les autres gros nerfs du bras suivent un trajet direct (Sabatier) ; l'humérus n'est pas le seul os tordu comme le dit Martins, ni le seul que des vaisseaux et des nerfs contournent en hélice, le péroné est dans le même cas (A. Sabatier). — Il récuse également l'opinion de Durand (de Gros) acceptée par Ch. Martins, d'après laquelle « dans les chéloniens la torsion n'est visible que sur les grandes tortues terrestres et fluviatiles », et que l'humérus est « d'abord sans torsion dans l'Archégosaurus, les Ichthyosaures et les Plésiosaures et actuellement encore les Protées et les Cétacés », d'où la torsion serait l'indice d'une disposition apparue plus tard et en rapport avec une « adaptation fonctionnelle à un nouveau milieu. » A. Sabatier fait en effet remarquer que la torsion (col huméral dirigé en dedans), ne fait point défaut aux humérus de tortue marine, Protée et Cétacés, et il ajoute que les Cétacés ne sauraient rentrer dans le cas des animaux à vie aquatique chez lesquels la torsion ne se serait pas encore montrée, car, d'après les données actuelles de la Paléontologie, les Cétacés ne sont qu'une forme dégradée provenant d'une adaptation au milieu aquatique chez des animaux à vie terrestre (A. SABATIER, *Loc. cit.*, p. 348 et suiv. 1880).

membres, il faut les ramener à leur position première. Nés sous forme de palette sur les côtés du tronc de l'embryon, les membres thoracique et pelvien ont d'abord et tous les deux, l'un le bord radial, l'autre le bord tibial tourné en haut (bord céphalique), le bord cubital et le bord péronéal, homologues chacun à chacun, tourné en bas (bord caudal) (1). A partir de ce moment, fémur et humérus subissent chacun en sens inverse, l'humérus en dehors, le fémur en dedans, un mouvement de torsion en arc de cercle de 90°, d'où finalement le pied regarde en arrière (face plantaire) et le genou en avant, la main en avant (face palmaire) et le coude en arrière. De là résulte la différence de 180° qui existe dans la direction des faces homotypiques des membres supérieur et inférieur.

Or, l'explication de ces mouvements doit être cherchée moins dans la torsion de l'humérus que dans le *développement des ceintures thoracique et pelvienne et les modifications que ce développement imprime aux extrémités articulaires* supérieures de l'humérus et du fémur. Les muscles n'y sont pour rien, car à l'époque de la rotation du membre, de la formation du coude et du genou (deuxième mois de la vie embryonnaire), ces agents du mouvement ne sont encore qu'à l'état d'ébauche, ou pour mieux dire, ils ne sont point nés.

Ce simple changement de situation des membres provoquant la direction des articulations du coude et du genou en sens opposés, nous explique suffisamment comment les muscles conservent leur position relative par rapport au fémur et à l'humérus, mais voient leur position absolue entièrement changée, les internes devenant antérieurs (bras) ou postérieurs (cuisse), les externes devenant postérieurs (bras) ou antérieurs (cuisse). On s'explique aussi que la main en se portant dans une pronation extrême ait entraîné le long supinateur et les radiaux en avant et devié leur crête d'insertion, ce qui rejette le nerf radial en avant et achève de compléter son mouvement héliçoïdal.

Ce mouvement de rotation en dehors pour le bras, en dedans pour la jambe explique fort bien la direction des vaisseaux et

(1) La position normale des membres, est donc la demi-supination. C'est la position des membres des premiers reptiles, l'Archegosaurus, l'Icthyosaure, le Plésiosaure; c'est la position des membres des Oiseaux, des Cheiroptères. — C'est également la position que prend la main de l'homme lorsque le bras tombe librement le long du corps.

des nerfs le long des membres supérieur et inférieur; elle rend également compte de l'enroulement des *adducteurs primitifs* de l'humérus autour de cet os, d'où ces muscles (pectauraux, sous-scapulaire, coraco-brachial, grand dorsal, grand rond) deviennent *rotateurs* en dedans; l'enroulement des obturateurs sur le col du fémur, la courbe héliçoïdale du tendon du psoas iliaque, les *prémoteurs, rétromoteurs* et *adducteurs* de la cuisse (muscles fessiers, obturateurs, psoas-iliaque, jumeaux, carré crural, pyramidal, adducteurs, etc.), transformés en *rotateurs en dehors*, est une preuve palpable que la ligne âpre était primitivement interne et qu'elle n'est devenue postérieure que par suite du quart de rotation du membre en dedans.

Pourquoi vouloir que chez l'homme le membre type soit le membre abdominal? Est-ce pour indiquer que l'homme descend des « quadrupèdes ? » Mais qui ne sait que le membre thoracique de ces derniers est aussi différent du membre pelvien que chez le plus élevé des Primates? Comme chez ces derniers, n'est-il point bâti sous un type propre et absolument différent du type particulier au membre abdominal?

Tordez, ou plutôt détordez l'humérus, dites-vous, et aussitôt la main devient « un pied, » le radius, homologue au tibia, est en dedans comme ce dernier; le cubitus, homologue du péroné, se place en dehors comme ce dernier, le pouce vient se placer en dedans comme le gros orteil, et la paume de la main regarde la terre. Mais vous oubliez qu'en agissant ainsi vous forcez les homologies. Vous faites passer l'olécrane en avant, alors que chez tous les Mammifères elle est en arrière, et votre main, quoi que vous fassiez, ne devient pas un pied.

Ce qui est conforme à la réalité des choses, c'est que le membre thoracique, est le membre thoracique aussi bien chez l'homme que chez les autres animaux, et que s'il faut chercher l'homologie entre les segments osseux des membres, ce n'est point le membre thoracique qu'il faut comparer au membre pelvien, mais bien le membre thoracique au même membre des animaux, et le membre pelvien au membre pelvien.

Nous ne voulons toutefois point dire qu'il est interdit à l'anatomiste de rechercher les points de ressemblances entre les pièces osseuses du membre thoracique et celles du membre pelvien. Mais ce que nous pensons, c'est que ces deux segments

sont depuis fort longtemps différenciés, à tel point que « l'*unité de plan* » semble être ici frappée d'interdit.

Nous recherchons néanmoins plus loin si nous ne pouvons point trouver dans la série des vertébrés le membre type, celui qui a servi de modèle, ou plutôt de matière première à tous les autres.

Quoi qu'il en soit, que l'on admette ou que l'on récuse la torsion de l'humérus, qu'on détorde l'humérus préalablement, que l'on compare les membres thoracique et pelvien, le membre thoracique en pronation, ou bien enfin, ce qui est plus conforme à l'embryogénie que l'on convienne d'une rotation pour chaque membre en sens inverse d'un arc de cercle de 90°, il n'en demeure pas moins que le fémur est l'homologue de l'humérus aussi bien que la ceinture scapulaire est l'homologue de la ceinture pelvienne, que le tibia est l'homologue du radius, le cubitus du péroné, l'olécrane de la rotule, malgré la négation à ce dernier égard, de Flourens, P. Gervais, A. Sabatier.

En effet, si l'on étudie les os de la jambe de certains Marsupiaux (Phascolomes, Phalangers, Dasyures, Sarigues) où tibia et péroné sont isolés comme chez l'homme, on constate : 1° que ces deux os s'articulent avec la portion condylienne du fémur ; 2° que la face antérieure du tibia a perdu sa crête ; 3° que la rotule est rattachée à l'extrémité supérieure du péroné. D'où l'on peut conclure avec Ch. Martins, que chez les mammifères supérieurs, le tibia, moins ses tubérosités antérieure et externe, est l'homologue du radius, et que le péroné et les tubérosités externe et antérieure du tibia sont l'homologue du corps et de l'extrémité inférieure du cubitus.

La comparaison du genou et du coude amène à des conclusions conformes à la précédente : la tête du cubitus, c'est-à-dire l'olécrâne et la crête qui lui fait suite dans le tiers supérieur de l'os, existent chez tous les mammifères terrestres et amphibies. Les parties correspondantes du genou, rotule et crête antérieure de l'os jusqu'au-dessous de son tiers supérieur, sont également constantes. Au contraire, le corps du cubitus, ou mieux cet os, moins l'olécrâne et la crête qui lui fait suite, n'est pas constant, il s'atrophie ou se soude avec le radius. Le péroné, qui correspond précisément à cette portion du corps cubital, non seulement s'atrophie et diminue de longueur en s'amin-

cissant dans les Ruminants et les Solipèdes, mais disparaît même complètement chez le dromadaire (Ch. Martins). Chez la chauve-souris vampire, le pingouin et les *Pteropus* enfin, l'olécrâne est séparé du cubitus comme la rotule du péroné.

En réusmé, le chapiteau du tibia est le résultat de la coalescence de la tête du radius et de l'extrémité supérieure du cubitus, ou encore le radius n'est qu'un péroné qui s'est annexé en haut la tubérosité externe du tibia, ce qui cependant n'est pas admis par tous, par A. Sabatier en particulier (1).

§ 2. — Homologie des pièces carpo-tarsiennes.

Quant au carpe et au tarse, leur homologie saute aux yeux. Le métacarpe et le métatarse, les doigts et les orteils sont homologues, ceci ne fait pas de doute. *Pes altera manus,* disait déjà Galien.

Mais quelle est l'homologie individuelle et réciproque de chaque os du carpe comparé à chaque os du tarse, et quelles sont les homologies individuelles de chacun des segments métacarpo-phalangiens comparé à un même segment métarso-phalangien ?

Ici commencent les divergences, et il n'est pas trop des données réunies du principe des connexions anatomiques, de l'anatomie comparée, de l'embryologie et des anomalies réversives, pour débrouiller la question.

Foltz est le seul atanomiste qui ait considéré le pouce et le gros orteil comme n'étant pas homologues. Il dit : 1° que le gros orteil a pour homologue, non le pouce, mais les deux derniers doigts, tandis que le pouce a pour homologue, non le gros orteil, mais les deux derniers orteils ; 2° que le pouce et le gros orteil ne sont pas simples, mais qu'ils résultent de la coalescence

(1) La pentadactylie est complète chez tous les Primates aux deux extrémités ; chez tous, le pouce est opposable et le mouvement de supination de la main est complet. La condition ostéologique de ce mouvement est une complète indépendance du radius et du cubitus, le premier pouvant décrire une demi-circonférence en tournant autour de l'axe du second. Du moment qu'il y a union solide entre une portion de cubitus et du radius, comme on le voit chez beaucoup de mammifères inférieurs, le mouvement de supination devient impossible. La cause efficiente de cette transformation, qui commence avec les Kangourous, les Paresseux, les Rongeurs claviculés (demi-supination), doit être cherchée dans l'adaptation de l'extrémité antérieure à la préhension.

de deux doigts. Pour démontrer sa première proposition, Foltz invoque les connexions : « Le premier métatarsien, dit-il, s'articule avec un seul os du tarse, le premier cunéiforme ; de même les métacarpiens du petit doigt et de l'annulaire s'articulent avec un seul os du carpe, l'os crochu, que ses connexions donnent pour homologue au précédent. Le pouce est en connexion par son métacarpien avec un seul os du carpe, le trapèze, qui a pour homologue le cuboïde, avec lequel s'articulent les quatrième et cinquième métatarsiens. En conséquence, le gros orteil et le pouce ne sont pas homologues entre eux, mais chacun respectivement avec les deux derniers doigts du membre homologue. »

Pour établir la binarité du pouce et du gros orteil, Foltz invoque les exemples de bifurcation du pouce, dont il a réuni plusieurs exemples, aujourd'hui au Musée d'Anatomie de la Faculté de Lyon, la grosseur du métacarpien de ce doigt ou du métatarsien de cet orteil, la grosseur de sa tête digitale « évidemment constituée par la réunion latérale des têtes oblongues de deux métatarsiens. » L'anatomie comparée, ajoute cet ancien professeur de l'École de Lyon, nous montre la fréquence des coalescences de cette nature, témoin l'os canon du cheval qui « pourrait être comparé comme une coalescence de deux métacarpiens. » D'où Foltz croit pouvoir dire : « Le gros orteil est binaire et homologue des deux derniers doigts ; le pouce est binaire et homologue des deux derniers orteils (1). »

Guidé par l'anatomie comparée et les anomalies réversives, nous pouvons, à l'exemple de Joly et Lavocat, Chauveau et Arloing, considérer l'archétype de la main comme le suivant :

Cinq doigts composés de trois phalanges chacun, supportés par un métacarpien chacun, à la base duquel se trouve enfin le segment carpien, composé lui-même de deux petits os placés l'un au-dessus de l'autre. Le type de la main est donc la *pentadactylie*. (Voy. pl. XI, fig. 21.)

Le raisonnement suffirait à faire admettre cette constitution de la main, si elle n'était offerte par certains mammifères, tels que la taupe, la marmotte, le cochon d'Inde.

Mais l'archétype est rarement réalisé. Ainsi, l'homme a perdu

(1) Foltz, *Loc. cit.*, p. 67.

une phalange au pouce, un os carpien. En descendant l'échelle des êtres, le nombre des pièces diminue encore davantage. De cinq, nombre normal, les doigts se réduisent à quatre (Porc), puis trois (Rhinocéros), puis deux (Ruminants) et enfin à un seul (Equidés). Mais si tous les rayons ne sont plus complets, c'est que certaines pièces, ou bien ne se sont pas développées, ou bien se sont fusionnées avec leurs voisines.

La main de l'homme présentant cinq rayons métacarpo-phalangiens, il est donc rationnel d'admettre l'existence virtuelle de cinq pièces à chaque rangée carpienne. En réalité, on ne voit cependant que quatre os à chaque rangée. Mais la comparaison du carpe de la main de l'homme avec celui des animaux qui possèdent l'archétype, fait reconnaître et regarder le scaphoïde comme le résultat de la soudure du quatrième et du cinquième os de la rangée supérieure (1), et l'os crochu comme le résultat de la fusion du premier et du deuxième os de la rangée inférieure. Nous verrons plus loin que nous interprétons les choses autrement.

Par les rayons métacarpo-phalangiens, les carnassiers appartiennent au type pentadactyle. Ils paraissent s'en éloigner, au contraire, par la constitution de leur carpe. Les uns (chien) n'ont que sept os, les autres (rat) huit os carpiens. Mais chez eux il y a soudure du semi-lunaire et du scaphoïde, et le cinquième os de la rangée supérieure est libre. Ainsi élevés à huit, les os carpiens sont susceptibles d'être rattachés à l'archétype en procédant de la même manière que pour le carpe de l'homme.

Les rongeurs (lapin) ne diffèrent de l'archétype que par la soudure du premier au deuxième os carpien inférieur (soudure parfois incomplète). Les dix pièces sont complètes : comme au tarse le scaphoïde est entre les deux rangées.

Chez les *Insectivores*, le corps contient neuf os et le scaphoïde est soudé au lunaire comme chez les *Carnivores* et les *Cheiroptères*, où parfois (roussettes), le cunéiforme (pyramidal) est uni lui-même aux os précédents, de sorte que la rangée carpienne supérieure n'est représentée que par un seul os.

Les porcins n'ont que quatre rayons au membre antérieur, mais la tératologie a montré que le cinquième (pouce) pouvait

(1) En comptant de dehors en dedans, la main étant en pronation à l'exemple de Lavocat et Joly.

se développer accidentellement (Joly et Lavocat, Goubaux, Chauveau et Arloing).

Les ruminants n'ont en apparence qu'un rayon métacarpien, mais le métacarpien principal et médian supportent de chaque côté un petit métacarpien styliforme et avorté. Or, le métacarpien principal est formé de deux métacarpiens séparés (accolés) pendant la vie intra-utérine, séparés par une cloison médullaire plus ou moins incomplète pendant la vie extra-utérine (Fougeroux de Bondaroy et Geoffroy Saint-Hilaire), chez le bœuf, le mouton, la chèvre, isolés toute la vie chez le chevrotain, en partie chez le chameau. Quant aux deux pièces styliformes, ce sont deux métacarpiens avortés, que l'anomalie réversine fait parfois reparaître avec les caractères des métacarpiens ordinaires et supportant un segment digité. Le cinquième segment dont on ne trouve pas traces chez les ruminants, a été vu également sous forme d'anomalie chez le mouton (Et. Geoffroy Saint-Hilaire). Les quatre segments digitaux normaux, dont deux atrophiés, les latéraux, laissaient d'ailleurs soupçonner cette disposition. Le carpe est réduit à six os chez le bœuf, le mouton et la chèvre, mais « l'étude des rapports montre qu'il y a : avortement du cinquième os de la rangée supérieure; fusion entre le premier et le deuxième, et entre les troisième et quatrième, et avortement du cinquième os de la rangée inférieure. » (Chauveau et Arloing, *Anatomie comparée*, p. 124.)

Le carpe des solipèdes ne possède que sept os, quatre à la rangée supérieure, trois à la rangée inférieure, mais on a vu un huitième os accolé à la face interne du trapézoïde (un trapèze accidentel), et Bourgelat, Girard, Rigot et Goubaux ont vu le premier carpien inférieur chez le cheval.

« Le carpe des solipèdes ne diffère donc de l'archétype que par l'avortement fréquent du cinquième os carpien supérieur, des premier et cinquième os carpiens inférieurs (Chauveau et Arloing, p. 125).

Les cinq segments métacarpiens sont faciles à déceler; le canon, en particulier, résulte de la soudure de deux métacarpiens médians, comme les faits tératologiques viennent le raconter (1).

(1) Voy. Lavocat et Joly, *Etude sur une mule fissipède* (*Mém. de l'acad. de Toulouse* 1853); Arloing, *Contrib. à l'étude de l'org. du pied chez le cheval. Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. VIII, p. 55.

Les cinq segments phalangiens eux-mêmes peuvent être retrouvés dans l'unique sabot des solipèdes.

L'archétype du pied possédait cinq rayons complets : chaque rayon comprenait deux pièces tarsiennes, une pièce métatarsienne, trois pièces phalangiennes.

Il n'y a peut-être pas dans la faune actuelle un seul mammifère qui soit en possession du type pentadactyle à son membre abdominal. Cette construction idéale se modifie de la même façon que pour la main : le pied est en effet construit sur le modèle de la main.

La section tarsienne du pied de l'homme renferme sept os, trois au rang supérieur, quatre à la rangée inférieure. Le scaphoïde, bien que placé entre les deux rangées, appartient à la rangée supérieure, ainsi qu'il appert de l'examen du tarse dans quelques espèces qui ont conservé cette disposition primitive. En apparence, il manque deux pièces à la rangée supérieure et une pièce à la rangée inférieure. Cette lacune est le fait de « la soudure du sommet du calcanéum (premier os tarsien supérieur) avec le reste de l'os (deuxième os), du scaphoïde avec le cinquième os, à la première rangée, et du premier os tarsien inférieur avec le cuboïde, à la deuxième rangée. » (Chauveau et Arloing, p. 150.)

Chez les Ruminants, le carpe ne possède que cinq pièces, parce que outre les soudures qui existent chez l'homme, on assiste à l'union du scaphoïde avec le cuboïde, et à l'avortement complet du troisième cunéiforme (Arloing).

Le tarse des Solipèdes possède sept ou six os. Dans le premier cas il est identique à celui des Carnassiers et de l'Homme ; dans le second, le deuxième et le troisième cunéiformes se sont fusionnés (Chauveau et Arloing) (1).

Mais nous pouvons remonter plus haut, et rattacher la pentadactilie à la forme polydactyle des Enaliosauriens (Icthyosaure, Plésiosaure), reptiles marins gigantesques des terrains jurassiques inférieurs, et même au métaptérygium des Sélaciens.

(1) Voyez encore : JOLY et LAVOCAT, *Études d'Anat. philos. sur la main et le pied*, Toulouse, 1852 ; LAVOCAT, *Rech. sur la main et le pied*, 1855 ; *Note sur la coalescence du métacarpien du pouce, avec la première phalange du même doigt*, 1857 ; GOUBAUX, *Compte rendu de la Soc. centrale de Médecine vétérinaire*, in *Recueil*, 1852 ; LAVOCAT, *Constitution des doigts du cheval*, 1867 ; DELPLANQUE, *Études tératologiques*, 1869.

La forme primitive des membres, telle qu'elle existait chez les antiques Poissons de l'époque silurienne, se composait, comme pièce de charpente principale de la nageoire, pectorale ou abdominale, d'un *basiptérygium* (cette pièce deviendra plus tard le *métaptérygium*), tige cartilagineuse centrale supportant des rayons à droite et à gauche, à la façon des barbes d'une plume. Cette forme primitive s'est conservée chez le vieux dipneuste australien, dit *Cératodus*. C'est à cette nageoire primordiale que Gegenbaur a donné le nom d'*archiptérygium*..

Chez quelques Raies et Requins, on rencontre encore cette forme, surtout dans le jeune âge, plus ou moins modifiée. Mais chez la plupart des Sélaciens, cette nageoire primitive est déjà considérablement transformée : d'un côté les rayons sont atrophiés, et la nageoire, de penniforme est devenue demi-penniforme.

La polydactylie primitive des Sélaciens s'est peu à peu anéantie par atrophie des rayons d'un des côtés du membre jusqu'à produire la pentadactylie (réduction du type primitif), qui se laisse déjà apercevoir chez les Amphibies, et que ceux-ci ont transmis aux Reptiles d'une part, aux Mammifères de l'autre. Ce qui le prouve, c'est que l'anatomiste sait retrouver chez les quatre classes de Vertébrés supérieurs, le même squelette fondamental dans les membres. Et cependant, quelle différence entre les ailes de la chauve-souris, la rame des Cétacés, la pelle de la taupe, les grêles pattes du cerf, le robuste membre du cheval ou du bœuf, et la délicate main du singe ! — La diversité dans l'adaptation (vol, fouissement, natation, support, course, etc.), a déterminé les variétés, héréditairement transmises et fixées. Le passage de la vie aquatique à la vie terrestre a été la cause efficiente qui a fait de la nageoire polydactyle un pied pendactyle, de même que pour s'adapter au mode de vie terrestre, les torsions des deux membres ont eu lieu en sens inverse de plus en plus opposés.

En dehors des adaptations spéciales, les membres des mammifères ont subi des atrophies diverses. Ainsi le pouce de la patte antérieure du chien et du chat est atrophié ; le même doigt a disparu chez le tapir et chez le porc ; chez le bœuf, le deuxième et le cinquième doigt sont extrêment atrophiés ; le cheval n'a plus qu'un doigt, le troisième, mais on a pu retrouver

dans le terrain tertiaire son ancêtre à trois doigts, l'antique Hipparion, dérivé lui-même des Tapiridés.

Chez tous, le membre thoracique diffère du membre pelvien, le genou est en avant au membre inférieur, le coude, son homologue, en arrière au membre supérieur. La similitude qui existait entre les membres thoraciques et pelviens des Ichthyosaures et Plésiosaures a disparu avant la réalisation des Mammifères, avec les Reptiles (Ptérodactiles) eux-mêmes, animaux qui fléchissaient leur avant-bras en dehors comme nos chauves-souris.

Ainsi que le dit Balfour (1), le *Chiroptérygium* peut être considéré comme dérivé d'un type unisérié de nageoire, conformément à la théorie de Gegenbaur, car la torsion du nombre peut enlever les difficultés signalées par Huxley touchant l'homologie du bord radial et du métaptérygium dans cette théorie.

Dans tous les membres des Vertébrés, nous trouvons les mêmes os caractéristiques unis par le même mode essentiel d'articulation. L'anatomie comparée ne pourrait fournir une meilleure preuve en faveur de la théorie généalogique.

L'Embryogénie n'est pas opposée de son côté, à cette manière de voir.

La forme initiale des membres est toujours la même, qu'il s'agisse de l'embryon de l'homme, d'un singe, d'un chien, ou d'un kangourou : une palette arrondie, appliquée aux flancs, dans laquelle se développent cinq rayons digitifères réunis entre eux par une lame membraneuse. C'est là la rame natatoire primitive.

Cependant, malgré cette unité morphologique, dès l'apparition des pièces cartilagineuses tarsiennes et carpiennes les dissemblances se prononcent. La rame natatoire existe, mais les pièces de sa chapente s'ordonnent différemment, suivant qu'il s'agit d'une main ou d'un pied, ou suivant l'espèce animale considérée.

Suivant Götte (2), le squelette de la main et du pied des Amphibiens est constitué par trois rangées d'os carpiens ou tar-

(1) BALFOUR, *Embryol.*, II, p. 567-571.

(2) GÖTTE, *Ueb. Entwick., u Regeneration d. Gliedmaassenskelets d. Molche.* Leipzig, 1879.

siens, une proximale, une moyenne et une distale renfermant chacune en puissance trois éléments. La rangée proximale est formée par le radial, l'intermédiaire et le cubital; la moyenne par le premier carpien, le central et le quatrième carpien; et la rangée distale par le deuxième (composé de deux éléments fusionnés) et le troisième carpien.

H. Strasser (1) de son côté est arrivé dans ses recherches embryogéniques sur le Triton et la Salamandre, à des résultats quelque peu analogues, sans être absolument semblables, et Wiédersheim (2), dans ses études, adopte une conclusion adéquate.

De ces recherches, confirmées par celles de Leboucq (3) il résulte ce fait fondamental, à savoir, que le même plan fondamental a présidé à la formation des extrémités. De la nageoire primitive à la main du Primate, le squelette fondamental est formé, ici comme là, par un axe principal segmenté, sur lequel se greffent des rayons latéraux divisés à leur tour en segments distincts, et cet axe passe à travers l'humérus-fémur, le cubitus-tibia pour de là gagner *obliquement* à travers le carpe-tarse le bord cubital de la main ou péronéal du pied.

« Les segments qui sont internes ou externes chez les pentadactyles par rapport à l'axe du membre, dit Retterer (4) se disposent sur un plan postérieur chez le Porc, les Ruminants et les Solipèdes. » D'où les connexions sont en partie changées, ce qui montre qu'il ne faudrait pas prendre à la lettre le principe posé par Geoffroy Saint-Hilaire : un organe est plutôt anéanti que transposé. Dès leur apparition, les nodules cartilagineux se groupent dans un ordre déterminé suivant le groupe zoologique. L'une des conséquences de ce fait, c'est « l'appropriation des parties à l'accomplissement d'actes déterminés » (Ch. Robin) (5). Mais pour mon compte, je ne pense pas qu'on puisse en tirer la conclusion que « c'est l'organe qui fait la fonction et non pas la fonction qui fait l'organe, » ainsi que l'avance, après d'autres,

(1) H. Strasser, *Zur Entwick d. Extremitätenknorpel bei Salandern u. Tritonen* (*Morph. Jahrbuch*. V, 1879).

(2) Wiédersheim, *Salamandrina perspicill. u. Geotriton fusc. Genov*, 1875, et *Die ältesten formen des Carpus u. Tarsus* (*Morph. Jahrb*., II, p. 421, 1876).

(3) Leboucq, *Loc. cit.*, p. 84-98, 1884.

(4) Ed. Retterer, *Loc. cit.*, p. 514.

(5) Ch. Robin, *Journ. de l'Anat.*, t. VIII, 1870.

du reste, Ed. Retterer. Cette disposition n'est que le fait d'adaptations fixées et transmises par l'hérédité.

La disposition du trapèze, par exemple, est tout autre chez les Primates de ce qu'elle est chez les autres animaux, d'où l'opposition du pouce devient impossible. Mais cela prouve-t-il que c'est l'organe que crée la fonction ? A mon avis, cela est simplement le résultat d'une configuration particulière de la facette articulaire inférieure du trapèze, ici, à surface articulaire dans toute son étendue (cas de la non possibilité d'opposition du pouce), là subdivisée en deux facettes secondaires dont l'interne seule (main en pronation) est articulaire, d'où la possibilité d'opposition du pouce. Or, cette disposition anatomique ne peut-elle pas être le fait de l'adaptation ancestrale ?

Quant à savoir pourquoi le membre antérieur est resté ici « un pied », alors que là il est devenu un instrument de préhension, c'est-à-dire « une main », c'est encore dans l'adaptation qu'il faut chercher la cause de cette merveilleuse transformation.

IX

L'HOMOLOGIE DES SEGMENTS CARPO-TARSIENS ÉCLAIRÉE PAR LE DÉVELOPPEMENT ET L'OSSIFICATION.

Le parallèle du carpe et du tarse établi par Vicq-d'Azyr a entraîné la conviction de beaucoup d'anatomistes. La voici sous forme de tableau synoptique :

Tarse.	*Carpe.*
Astragale.	Semi-lunaire avec la tête du grand os.
Calcanéum.	Pyramidal et pisiforme réunis.
Scaphoïde ou naviculaire.	Scaphoïde ou naviculaire.
Premier ou grand cunéiforme.. . . .	Trapèze.
Deuxième ou petit —	Trapézoïde.
Troisième cunéiforme.	Grand os moins la tête.
Cuboïde..	Os crochu ou unciforme.

J. Cruveilhier (1), Sappey (2) ont adopté cette homologie à l'exception toutefois de la proposition qui considère le grand os *moins la tête* comme homologue du troisième cunéiforme ; pour eux le grand os *tout entier* représente le troisième cunéiforme,

(1) J. Cruveilhier, *Anat.*, 5e éd., t. I, p. 266-267, 1862.
(2) Sappey, *Anat.*, 3e éd., t. I, p. 468-476, 1875.

et nous avouons ignorer sur quoi Vicq-d'Azyr a basé sa conception.

Gegenbaur de son côté (1) a établi l'homologie suivante :

Carpe.			*Tarse.*			
Forme primitive.		Transformé.		Forme primitive.		Transformé.
Radial......	=	Scaphoïde.....	=	Tibial.......	=	Astragale.
Intermédiaire..	=	Semi-lunaire (lunare).	=	Intermédiaire..	=	Astragale.
Cubital (ulnaire)..	=	Pyramidal.....	=	Péronéal....	=	Calcanéum.
Central......	=	Central......	=	Central......	=	Scaphoïde.
Carpien 1....	=	Trapèze......	=	Tarsien 1....	=	1er cunéiforme.
Id. 2....	=	Trapézoïde...	=	Id. 2....	=	2e id.
Id. 3....	=	Grand os (maximum).	=	Id. 3....	=	3e id.
Id. 4....	=	Os crochu ou unciforme	=	Id. 4....	=	Cuboïde.
Id. 5....	=	Os crochu ou unciforme	=	Id. 5....	=	Cuboïde.

Gegenbaur (2) regardant le pisiforme comme un « os accessoire » n'a point eu à en chercher le représentant au tarse. Nous verrons plus loin quelle objection capitale on peut faire à cette manière de voir.

Quain, dans son livre d'Anatomie (3), adopte une homologie qui diffère un peu de la précédente :

Carpe.			*Tarse.*
Typical Names.	Names in Human Anatomy.		Typical Names.
Radiale......	Scaphoïd......	Astragalus.....	Tibiale.
Intermedium...	Lunar.......	Astragalus.....	Intermedium.
Ulnare........	Pyramidal.....	Os calcis (calcanéum)..	Fibulare.
Ulnare sesamoideum...	Pisiforme.....	Os calcis (calcanéum)..	Fibulare sesamoideum.
Centrale......	Absent.......	Navicular.....	Centrale.
Radiale sesamoideum..	(Part of scaphoïd).	Navicular.....	Libial sesamoideum.

Pour la seconde rangée carpo-tarsienne, aucune différence ; là, en effet, tout le monde est d'accord pour admettre que trapèze + trapézoïde + grand os = les trois cunéiformes, et que l'os crochu représente le cuboïde, c'est-à-dire qu'à la main et au pied les deux derniers cubitaux (4 et 5) représentent régulièrement la fusion en une seule pièce, ainsi que le disent Gegenbaur et Huxley.

Par suite de la découverte de « l'os trigone » annexé à la par-

(1) K. Gegenbaur, *Manuel d'Anat. comp.*, p. 665.
(2) K. Gegenbaur, *Loc. cit.*, p. 684.
(3) Quain's, *Anatomy*, vol. I, p. 134.

tic postérieure de l'astragale par P. Albrecht (1879), et peu après (1883) par Bardeleben, et à la suite d'autres considérations anatomiques, Albrecht a modifié la théorie de Gegenbaur.

Considérant :

1° Que le scaphoïde du pied des Mammifères se composait originairement d'un transverse et d'un oblique du pied, et l'oblique à son tour d'un scaphal et d'un scaphulaire;

2° Que le scaphoïde de la main sans le central comprend de son côté un scaphal et un scaphulaire;

3° Que le calcanéum est l'homologue du pisiforme;

4° Qu'il y a trois différents centraux et au carpe et au tarse, Albrecht (1) oppose l'homologie ci-dessous aux précédentes :

	Carpe.		*Tarse.*		
Scaphoïde	Scaphulaire (reste du doigt scaph.)	=	(Reste du doigt scap.)	Scaphulaire.	Scaphoïde
	Scaphal (Radial)	=	Tibial	Scaphal.	
	Rond (Central I)	=	Central I	Transverse.	
	Oblong (Central II)	=	Central II	Calcanéole.	
	Prismatique (Central III)	=	Central III	Calcanule.	
	Semi-lunaire (Intermédium I)	=	Intermédium I	Astragale.	
	Pyramidal (Intermédium II)	=	Intermédium II	Trigone.	
	Pisiforme (Cubital)	=	Fibulaire	Calcanéum.	

Nous nous accordons avec ce laborieux anatomiste pour faire du pisiforme, non pas un os sésamoïde et accessoire ainsi que le veulent Huxley, Milne-Edwards et Gegenbaur, mais bien l'homologue du calcanéum. Nous dirons bientôt pourquoi.

Foltz enfin, plaçant la main en supination pour comparer le membre supérieur au membre inférieur, admet que le tibia = cubitus, le péroné = radius, d'où il renverse absolument les homotypies précédentes des pièces carpo-tarsiennes.

Homologie des os du carpe et du tarse selon Foltz (2) :

Tarse.	*Carpe.*
Calcanéum	Scaphoïde et pisiforme
Astragale	Semi-lunaire et tête du grand os.
Scaphoïde	Pyramidal.

(1) P. Albrecht, *Sur les homodynamies qui existent entre la main et le pied des Mammifères*; Bruxelles, 1884, et *Os trigone du pied* (*Soc. d'Anthrop. de Bruxelles*, t. II, 1855).

(2) Foltz, *Homologie des membres pelviens et thoraciques* (*Journ. de la Physiol. de Brow-Sequard*, t. VI, p. 61, 1873).

Premier cunéiforme..........	Os crochu.
Deuxième —	Corps du grands os.
Troisième —	Trapézoïde.
Cuboïde................	Trapèze.

En établissant ces homologies, Foltz viole le *principe des connexions* sur lequel il prétend s'appuyer, ou établit des connexions par à peu près, à l'aide, non de syndesmoses, mais d'attaches ligamenteuses plus ou moins bien définies et éloignées.

Que nous apprennent en réalité les connexions anatomiques?

PREMIÈRE RANGÉE.—Sappey a fort bien étudié ces connexions. Comme le dit ce savant anatomiste, le *Pyramidal* s'articule en bas avec l'os crochu qui représente le cuboïde, et en dehors avec le semi-lunaire qui représente l'astragale, d'où le pyramidal représente le *calcanéum;* l'apophyse styloïde du cubitus qui représente la malléole péronéale, unie au pyramidal comme cette malléole est unie au calcanéum par le ligament péronéo-calcanéen complète l'homotypie.

Le *Pisiforme* articulé avec le pyramidal comme l'*épiphyse achilléenne* du calcanéum est unie à cet os, représente cette épiphyse, d'où le calcanéum représente à lui seul le pyramidal + le pisiforme. Soudés aux pieds, ces deux os restent indépendants à la main. L'attache du tendon du cubital antérieur perpendiculairement à l'axe du pisiforme, comme le tendon d'Achille à la saillie du talon complète l'homologie.

Le semi-lunaire = l'astragale. Le premier se trouve en rapport avec le radius, de même le second avec le tibia. Tous deux s'articulent avec les os correspondants, puisque le semi-lunaire est placé entre le pyramidal qui correspond au calcanéum, et le scaphoïde de la main qui correspond au scaphoïde du pied. Ces derniers sont homotypes, puisque le scaphoïde de la main s'unit au semi-lunaire comme celui du pied à l'astragale; le premier s'unit au trapèze, au trapézoïde et au grand os, comme le second s'articule avec les trois cunéiformes. Or, trapèze = grand ou premier cunéiforme, trapézoïde = deuxième ou petit cunéiforme et grand os = troisième cunéiforme.

DEUXIÈME RANGÉE. — *Trapèze = premier cunéiforme.* — Comme le premier cunéiforme s'articule avec le premier métatarsien, le trapèze s'articule avec le premier métacarpien; comme lui il

s'articule avec le scaphoïde et s'unit au trapézoïde, pièce homologue à la main du deuxième cunéiforme au pied.

Le *trapézoïde* est placé entre le scaphoïde d'une part, et le deuxième métacarpien d'autre part, comme le deuxième cunéiforme est placé entre le scaphoïde, en arrière, et le deuxième métatarsien, en avant; il a en dehors de lui le grand os, et en dedans le trapèze, comme au pied, le deuxième cunéiforme est enclavé entre les homotypes de ces os, le premier cunéiforme en dedans, le troisième en dehors.

Le *grand os* est enclavé entre le scaphoïde et le semi-lunaire en haut et en dedans, le trapézoïde, l'os crochu et le troisième métacarpien, en bas et en dedans et en dehors, comme au pied, le troisième cunéiforme est placé entre le scaphoïde en arrière, le troisième métatarsien en avant, le deuxième cunéiforme en dedans, qui représente le trapézoïde au pied, le cuboïde en dehors, homotype de l'os crochu.

L'*os crochu* de son côté s'articule en haut avec le pyramidal et touche au semi-lunaire, comme le *cuboïde* s'articule avec le calcanéum et touche à l'astragale; en bas il s'articule avec les deux derniers métacarpiens, comme le cuboïde au pied avec les deux derniers métatarsiens. Le premier s'unit en outre au grand os, en dedans, comme le second au troisième cunéiforme, os qui représente au pied le capitatum de la main.

Une seule connexion nous échappe en partie, c'est qu'à la main le grand os s'articule à la fois en haut avec le scaphoïde et le semi-lunaire, alors qu'au pied, son homologue, le troisième cunéiforme n'a point de rapport direct avec l'astragale, l'homotype au pied du semi-lunaire. Ce résultat est le fait du glissement en avant du scaphoïde du pied, glissement en rapport avec la forme même et la fonction du pied, déterminé par des adaptations nouvelles, nouvelle preuve qu'un organe se déplace parfois plutôt qu'il ne disparaît, contrairement à la loi absolue établie par Geoffroy Saint-Hilaire.

Quelques anatomistes, de Blainville (1), Blandin (2), Gervais (3), n'ont point admis ces assimilations. Sans donner ses motifs, de

(1) De Blainville, *Dict. de l'Hist. nat.* de Deterville (art. *Organ des Mam.*), t. XIX, p. 92, 1818.

(2) Blandin, *Nouv. élem. d'Anat. descriptive*, t. I, p. 210, 1838.

(3) Gervais, *Théorie du squelette*, 1856.

Blainville compare le scaphoïde du carpe avec l'astragale du tarse, et le semi-lunaire uni au pisiforme avec le calcanéum. Blandin estimait que le scaphoïde du pied est l'homotype du semi-lunaire et du scaphoïde du carpe réunis; il compare l'astragale au pyramidal, parce que le tibia représente pour lui le cubitus, et finalement il arrive à établir l'homologie du pouce (pour le placer en dedans) et du gros orteil en imaginant une rotation de toute la main autour du grand os. Cervais pense que l'astragale répond au scaphoïde et au semi-lunaire réunis. Mais comme il prévoit l'objection, il fait remarquer que jusqu'ici on n'a pas encore reconnu les deux noyaux d'ossification dont il serait alors composé.

Nous ne voulons pas entreprendre ici l'homologie du système musculaire de la main et du pied, mais pour le dire en passant les muscles homologues, cubital antérieur (épitrochléo-cubito-*pisien*) et jumeau externe (condylo-*calcanéen*), court fléchisseur du pouce (*trapézo*-phalangien), et court fléchisseur du gros orteil (*cunéi*-phalangien), abducteur du petit doigt (*pisi*-phalangien) et abducteur du petit orteil (*calcanéo*-phalangien), etc., approuvent ici l'homotypie que nous venons d'établir entre les segments osseux carpo-tarsiens.

L'*ostogénèse* s'accorde-t-elle avec le *principe des connexions* pour établir ces homologies?

On sait qu'une des règles établies par Geoffroy Saint-Hilaire pour arriver à déterminer les homotypies c'est, non point de comparer entre eux les os adultes, mais leurs points ou centres d'ossification.

Cette loi qui donne de si beaux résultats quand on l'applique à l'étude du temporal, de l'os coxal, de l'occipital, etc., est-elle applicable à la détermination des homologies carpo-tarsiennes? Voyons.

La plupart des auteurs, à part Serres, J. Cloquet, Rambaud et Renault, s'accordent pour dire que les os du tarse s'ossifient par un seul point d'ossification et qu'il en est de même des os du carpe, à part le calcanéum qui en présente deux.

J'ai cherché le double point osseux accordé au semi-lunaire par Serres, les deux points osseux du scaphoïde de la main, décrits par Rambaud et Renault, le double centre d'ostéogénèse de l'os crochu accepté par J. Cloquet, sans être assez heureux

pour les retrouver. Suis-je passé à côté du moment psychologique? Hartmann (1) n'a pas été plus heureux que moi chez un jeune chimpanzé : son naviculaire ne portait qu'un point d'ossification.

Mais ce que j'ai rencontré, et qu'aucun auteur ne signale, c'est un double point d'ossification au pisiforme, d'où j'en infère que cet os représente le calcanéum du pied.

Pas n'est besoin, d'ailleurs, d'examiner longtemps les extrémités des Carnassiers (chien, chat, tigre, ours), des Ruminants (bœuf, ruphus hippelaphus), des Solipèdes (cheval, âne), des Osmatiques (loutre), des Marsupiaux (phas colôme-wombat), pour se convaincre que le pisiforme de la main est l'homologue du calcanéum du pied. C'est la même situation en dehors (bord cubital ou bord péronéal), le même rapport en arrière avec le muscle homologue (ici tendon d'Achille, là tendon du cubital antérieur), la même connexion en avant, car si au pied cet os est directement en rapport avec le cuboïde, alors qu'il ne l'est pas avec l'os crochu (homotype du cuboïde) à la main, c'est que pour s'adapter à la marche et à la station, la première rangée du tarse a dû subir un certain déplacement que la première rangée du carpe n'a pas eu à supporter. L'analogie de développement et de texture, du pisiforme avec le calcanéum chez le chien, signalée par Ed. Retterer, la texture chez le lapin, du pisiforme et du calcanéum, qui est celle d'un os long, nous autorise davantage encore à considérer le pisiforme et le calcanéum comme homodynames.

Si donc nous partons du carpe type primitif pentadactyle, tel qu'il est encore chez la taupe, par exemple (pl. XI, fig. 21), nous voyons que le carpien 1 de la rangée proximale (première rangée) devient le scaphoïde de l'homme et des Anthropoïdes, le carpien 2, le semi-lunaire, le carpien 3, le pyramidal, le pisiforme représentant à la fois les carpiens 4 et 5 (voy. pl. XI, fig. 21, 22, 23, 24 et 25).

A la rangée distale (deuxième rangée), le carpien 1 devient le trapèze, le carpien 2 le trapézoïde, l'*os central* représenté temporairement chez l'embryon (voy. pl. XI, fig. 23) humain, existant toute l'existence chez l'Orang parmi les Primates (pl. XI, fig. 22), les Rongeurs, les Insectivores, les Lémuriens, les Ongulés

(1) Hartmann, *Arch. f. Anat. u. Phys.*, 1876, p. 636.

(Daman), représente le carpien 3, et le grand os et l'os crochu les carpiens 4 et 5.

Le scaphoïdo-semi-lunaire des Carnassiers (chat, chien), se développant par trois points osseux (1), ne vient pas à l'encontre de cette manière de voir, et lorsque Leboucq dit que le scaphoïdo-semi-lunaire (Cuvier, Meckel) des Carnassiers résulte de la soudure de trois cartilages d'abord indépendants, il faut entendre par là, sans aucun doute, qu'il s'agit du scaphoïdo-semi-lunaire central.

On pourra remarquer enfin qu'au lieu de placer le central dans la première rangée carpienne, à l'exemple de Gegenbaur, je le mets là où je le pense à sa place, c'est-à-dire dans la deuxième rangée.

Chez *Ursus arctos*, l'apophyse de l'os crochu est séparée du reste de l'os et forme un osselet distinct. J. Cloquet verrait probablement là la confirmation de son opinion, à savoir que l'os crochu se développe chez l'homme par deux points d'ossification. Pour mon compte personnel, j'aime mieux considérer cet osselet comme un sixième carpien; il joue là le rôle d'un segment surnuméraire, apparition que l'on peut considérer avec Darwin (2) « comme un cas de retour vers un ancêtre prodigieusement éloigné d'une organisation inférieure et multidigitée (3). »

Le fait que nous avons signalé plus haut, à savoir qu'on a pu voir le scaphoïde, le semi-lunaire, le pyramidal, le trapèze, le trapézoïde, le grand os, représentés chacun toute la vie par deux ou trois segments indépendants, est un argument en faveur de cette hypothèse (voyez Leboucq, *Arch. de Biol.*, t. V, p. 188), et ne peut que pousser l'esprit vers l'idée d'un an-

(1) Voy. Miwart, The Cat., London, 1881; Ed. Retterer, *loc. cit.*, p. 534.

(2) Darwin, *Variation des animaux et des plantes*, p. 17.

(3) Je n'hésite pas à admettre pour mon compte qu'il y a des doigts perdus dans nos mains et dans nos pieds. De l'hécatondactylie des Raies jusqu'au médius unique des Chevaux, il y a tout un régiment de doigts perdus à l'extrémité antérieure. Les Ichthyosaures avaient sept doigts, les Grenouilles en ont encore six aux pieds.

La polydactylie de l'homme n'est qu'un souvenir ancestral. Je crois notamment avec Albrecht que les doubles pouces et les doubles auriculaires sont ataviques, parce que chez l'Ichthyosaure, les sept doigts résultent précisément d'un double pouce et d'un double auriculaire. Chez l'homme, les doubles pouces et les doubles auriculaires sont beaucoup plus fréquents que les doubles doigts intermédiaires dans le cas de polydactylie; il semble donc que pendant le développement philogénétique, ce soit le premier radial et le deuxième cubital qui se soient perdus les premiers (rangées extrêmes).

cêtre multidigité, Reptiles primitifs ou même Poissons des premiers âges géologiques.

Quant au carpe de ce nègre du Muséum qui ne contient que sept os, il est facile de voir que cette disposition anormale curieuse, est le résultat de la soudure du semi-lunaire et du pyramidal, ainsi que cela a lieu normalement chez nombre de Troglodytes.

Au pied, le type pentadactyle primitif a subi de plus grandes transformations qu'à la main. Les dix pièces du tarse n'existent peut-être plus que chez *Cryptobranche.* Le membre abdominal s'adaptant à la station et à la marche, a fait subir au tarse d'importantes métamorphoses. Ce segment s'est disposé en forme de voûte, apte à supporter le poids du corps et à maintenir son équilibre. Un seul os dès lors représente au pied le condyle carpien composé de trois os. L'astragale, homotype du semi-lunaire, primitivement placé entre le scaphoïde et le pyramidal-pisiforme, est comme énucléé par ces os, dont l'un se porte en arrière et en bas, l'autre en avant. Le pisiforme, dans ce mouvement, devient l'os du talon (calcanéum), le scaphoïde, le scaphoïde du pied, et le pyramidal atrophié, ne reparaît plus que dans l'os trigone découvert par Albrecht et accolé à l'extrémité postérieure de l'astragale, homotype du semi-lunaire. Le principe des connexions est respecté ; il est, de plus, appuyé sur les lois du développement et de l'anatomie comparée.

Que devient dès lors notre tarse primitif pentadactyle ?

Le tarsien 1 de la rangée proximale, devient le scaphoïde (comme à la main), le tarsien 2, l'astragale (homotype du semi-lunaire), le tarsien 3, l'os accidentel ou atavique trigone (homotype du pyramidal), les tarsiens 4 et 5, le calcanéum (voy. pl. XI, fig. 25).

A la deuxième rangée tarsienne, notre embarras serait grand pour retrouver le cinquième segment, car nous ne trouvons que quatre os, et aucun d'eux ne se développe par un double point osseux ; mais chez plusieurs Rongeurs (Meckel, R. Owen, Retterer), le carpe présente un huitième cartilage, situé d'ordinaire en dedans du scaphoïde, ou à l'union du scaphoïde et de la tête de l'astragale (1). Or, pour moi, ce cartilage surnu-

(1) R. Owen, *Anat of Vertebrates*, II, p. 379; Ed. Retterer, *loc. cit.*, p. 508.

méraire n'est autre que l'homologue du central de la main. Comme lui, il a disparu par atrophie et ne reparaît plus qu'accidentellement par atavisme chez l'embryon.

D'où pour nous, le tarsien 1 de la rangée distale est représenté par le premier cunéiforme (homotype du trapèze), le tarsien 2 par le deuxième cunéiforme (homotype du trapézoïde), le tarsien 3 manque (représenté temporairement chez certains rongeurs), le tarsien 4 devient le troisième cunéiforme, homologue du capitatum de la main, et enfin le tarsien 5 le cuboïde, homotype de l'os crochu à la main, car je ne puis admettre avec Gegenbaur et Huxley la fusion régulière des deux derniers cubitaux ou péronéaux (4 et 5), pour donner lieu au cuboïde ou à l'os crochu, ces deux os se développant constamment par un seul foyer osseux (1).

Une objection, tirée des caractères de l'ossification, pourrait être formulée contre nos conclusions homologiques, à savoir, qu'alors que le calcanéum est le premier os du tarse, son homotype à la main, le pisiforme est le dernier os paru au carpe. Mais nous estimons que la précocité ou la tardivité de l'ossification en l'espèce, ne saurait avoir une valeur plus grande que n'en a le volume relatif des parties similaires en anatomie comparée. Ce n'est point la forme ou le volume qui définissent les organes, ce sont les connexions ; ici ce n'est pas tant l'époque de l'apparition des points d'ossification que leur nombre qui doit entrer en ligne de compte.

Ceci nous amène à nous demander pourquoi le tarse s'ossifie avant le carpe. « En leur qualité de supports du corps entier, les fémurs et les os du tarse, dit Burdach (2), s'ossifient de meilleure heure que les humérus et les os du carpe. » Est-ce là la bonne raison ? Retterer (3), ayant vu le carpe et le tarse des Car-

(1) Ce n'est pas que je veuille recourir à la pentadactylie comme vers une loi immuable et absolue. Nullement. Ce que je veux bien préciser, c'est que c'est la disposition type, normale encore en quelque sorte, alors que l'apparition d'un plus grand nombre de pièces est un fait atavique beaucoup plus rare et du domaine de la tératologie. — Il n'en saurait être de même de la présence de l'os central du carpe chez l'embryon qui est presque constante, ni du cartilage central surnuméraire du tarse des Rongeurs et des Insectivores. Si on me permet de préciser ma pensée, je dirai : la pentadactylie complète des animaux supérieurs est une disparition relativement récente, la polydactylie est une disparition qui se perd dans la nuit des âges géologiques.

(2) Burdach, *Traité de Physiol.*, t. III, p. 449.

(3) Ed. Retterer, *Loc. cit.*, p. 543.

nassiers (chat, chien) et des Rongeurs s'ossifier à la même époque, alors que chez les Anthropoïdes (Gibbon) comme chez l'homme le tarse s'ossifie avant le carpe, il est probable que l'opinion de Burdach renferme tout au moins une partie de la vérité.

Conclusion.

Si nous résumons en un tableau : 1° les centres d'ossification de chaque pièce carpo-tarsienne ; 2° l'époque d'apparition de ces centres, en ayant soin de mettre en regard les pièces homologues, nous donnons du même coup la synthèse de notre travail. Voici ce tableau :

RESTAURATION.

Rangée proximale.

Pied (10 segments tarsiens).		*Main* (10 segments carpiens).	
Tarsien	1. Scaphoïde, 1 point d'ossification, 5 ans.	Carpien	1. Scaphoïde, 1 centre osseux, 6 ans.
Id.	2. Astragale, 1 point d'ossification, 6e mois vie fœtale.	Id.	2. Lunaire, 1 centre osseux, 5 à 6 ans.
Id.	3. Os trigone.	Id.	3. Pyram., 1 centre osseux, 3 ans.
Id. / Id.	4. / 5. Calcanéum, 2 points d'ossification, corps : 5e mois vie fœtale; épiphyse 10 à 12 ans.	Id. / Id.	4. / 5. Pisiforme, 2 points, 10 à 12 ans.

Rangée distale.

Tarsien	1. 1er cunéiforme, 1 point d'ossification, 2 à 3 ans.	Carpien	1. Trapèze, 1 point d'ossification, 6 ans.
Id.	2. 2e cunéiforme, 1 point d'ossification, peu après.	Id.	2. Trapézoïde, 1 point d'ossification, 6 à 7 ans.
Id	3. Cartilage surnumér. central.	Id.	3. Os central.
Id.	4. 3e cunéiforme, 1 point d'ossification, 12 à 15 mois.	Id.	4. Capitatum, 1 point d'ossification, 11 à 12 mois.
Id.	5. Cuboïde, 1 point d'ossification, à la naissance.	Id.	5. Unciforme, 1 point d'ossification, 12 à 14 mois.

Si l'homotypie est évidente entre les différents segments carpo-tarsiens, qu'on l'envisage à l'aide de la morphologie ou de l'ostéogénèse (nombre des foyers d'ossification), nous n'en pouvons dire autant de l'ordre d'apparition des points d'ossification dans chacune des pièces carpo-tarsiennes considérées chacune à chacune (avec son homologue) : ici, aucune loi générale ne semble pouvoir être déduite des faits observés.

EXPLICATION DES PLANCHES X ET XI.

Les figures 1 à 9 représentent, à peu près de grandeur naturelle, les segments du carpe, vus en coupe horizontale. Les figures 10 à 20 sont la représentation des pièces du tarse, vues également en coupe. Les figures 21 à 25 sont là pour servir à l'explication de la pentadactylie primitive et à l'essai d'homologie des segments carpo-tarsiens.

Les chiffres 1, 2, 3, 4, 5, appliqués à chacun des métacarpiens ou métatarsiens, indiquent suffisamment d'eux-mêmes la disposition de la main ou du pied, et le numéro d'ordre de chaque rayon digitifère.

CARPE. — FIG. 1. — Carpe d'un enfant de 5 mois, précoce, puisqu'il présente un grand os avec un point osseux.

FIG. 2. — Carpe d'un enfant d'un an, avec les points osseux du grand os et de l'os crochu.

FIG. 3. — Carpe d'un enfant ♀ de 18 mois, précoce en développement, puisqu'il présente le point osseux du pyramidal.

FIG. 4. — Carpe d'un enfant de 2 ans. Le grand os et l'os crochu ont seuls encore leur point d'ossification.

FIG. 5. — Carpe d'un enfant de 3 ans. On voit un point osseux au centre des pièces cartilagineuses qui représentent le grand os, l'os crochu (deuxième rangée), le semi-lunaire et le pyramidal (première rangée).

FIG. 6. — Carpe d'un enfant de 3 ans, dont seuls le grand os et l'os crochu sont en voie d'ossification.

FIG. 7. — Carpe d'un enfant ♂ de 5 ans, avec centres d'ostéogénèse dans le grand os, l'os crochu et le pyramidal.

FIG. 8. — Carpe d'un enfant ♂ de 6 ans. Tous les osselets sont en voie d'ossification, sauf le pisiforme.

FIG. 9. — Carpe d'un enfant ♂ de 12 ans. L'ossification des cartilages carpiens est complète. Il ne reste, comme chez l'adulte, qu'une mince lamelle cartilagineuse (en blanc sur la figure) autour de l'os. On voit le pisiforme avec ses deux points d'ossification.

TARSE. — FIG. 10. — Tarse d'un fœtus de 6 mois. Le calcanéum et l'astragale seuls sont en voie d'ossification.

FIG. 11. — A, calcanéum du tarse précédent; B, vû d'en haut et en coupe horizontale; C, astragale.

FIG. 12. — A, Astragale d'un fœtus à terme; B, calcanéum du même fœtus.

FIG. 13. — Tarse d'un fœtus ♂ à terme. Outre l'astragale et le calcanéum, le cuboïde présente un point osseux à son centre.

FIG. 14. — Tarse d'un enfant de 6 mois.

FIG. 15. — Tarse d'un enfant ♂ de 12 mois. Le troisième cunéiforme a son point osseux.

FIG. 16. — Tarse d'un enfant ♂ de 18 mois.

Fig. 17. — Tarse d'un enfant ♂ de 2 ans, exceptionnellement avancé en ossification, puisque seul, le scaphoïde reste sans point osseux.

Fig. 18. — Tarse d'un enfant ♀ de 4 ans.

Fig. 19. — Tarse d'un enfant ♀ de 18 mois, exceptionnellement avancé en ossification, puisque les cunéiformes, et le scaphoïde lui-même, chose beaucoup plus rare, ont leur foyer d'ossification paru et en voie d'accroissement.

Fig. 20. — Coupe transvarsale et suivant son grand axe, du calcanéum d'un garçon de 12 ans. C, corps du calcanéum (diaphyse); E, épiphyse; B, bande de cartilage inter-diaphyso-épiphysaire.

Homotypie des segments osseux carpo-tarsiens.

Fig. 21. — Main pentadactyle type avec ses cinq rayons digitifères complets (Taupe).

Fig. 22. — Main d'Orang avec 3, os central représentant le n° 3 de la deuxième rangée carpienne.

Fig. 23. — Main d'un embryon humain (grossie) de 3 mois, avec 3, le central.

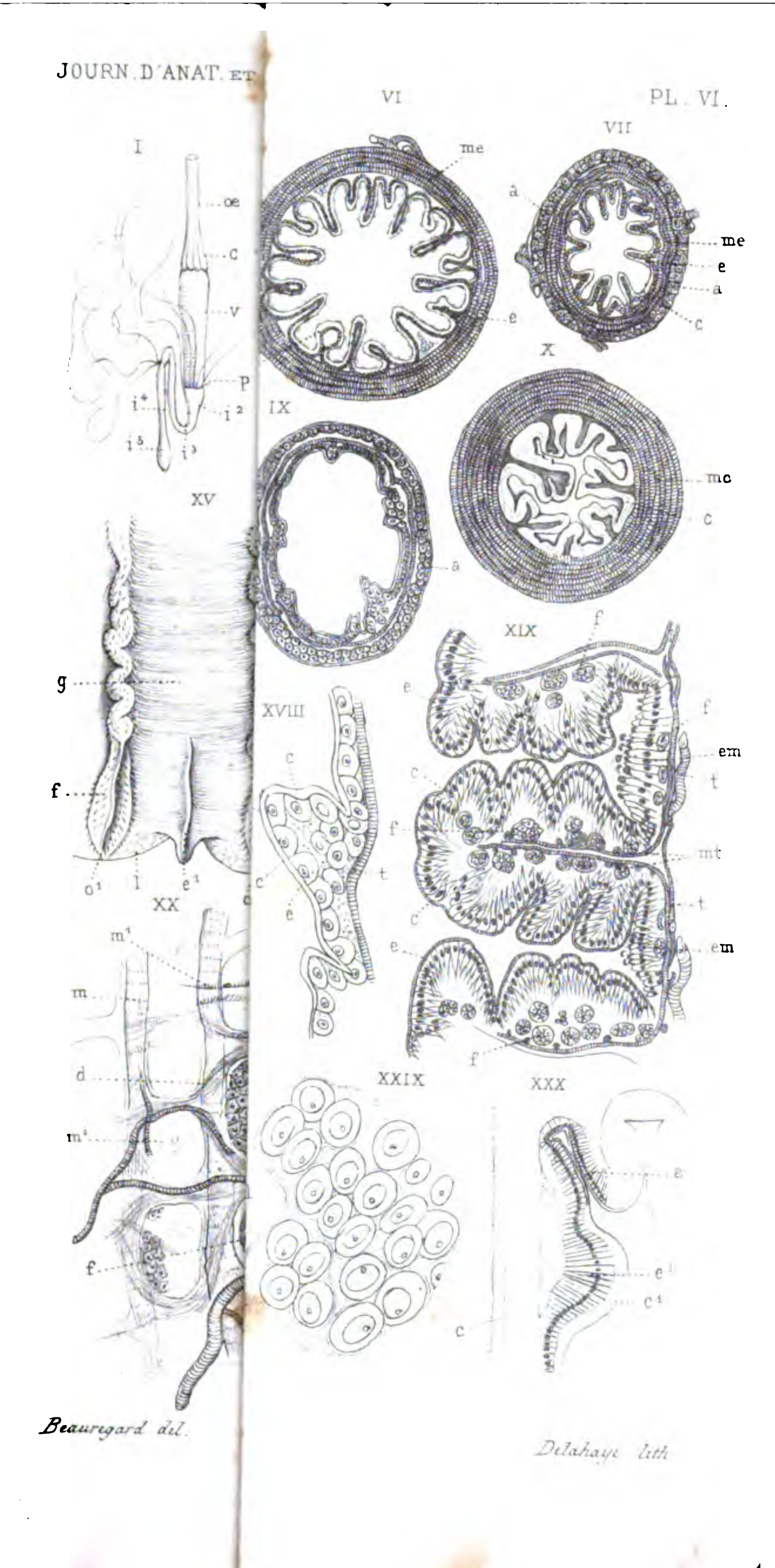
Fig. 24 et 25. — Destinées à montrer l'homologie des os du carpe et du métacarpe et du tarse et du métatarse.

Dans la figure 24, le scaphoïde est marqué par 1 et correspond au même numéro (1) de la figure 25. — Le semi-lunaire, dans la figure 24, est stygmatisé par 2, et correspond à l'astragale (2) de la figure 25. Le pyramidal (fig. 24, 3) est représenté au pied par l'os trigone (fig. 25, 3). — Le pisiforme (fig. 24, 4 et 5) est le représentant à la main du calcanéum (fig. 25, 4 et 5). — Le trapèze (fig. 24, 1) correspond au premier cunéiforme (fig. 25, 1), le trapézoïde (fig. 24, 2) au deuxième cunéiforme (fig. 25, 2), le grand os (fig. 24, 4) au troisième cunéiforme (fig. 25, 4), et l'os crochu (fig. 24, 5) est l'équivalent du cuboïde (fig. 25, 5), du pied. — Les numéros 1, 2, 3, 4 et 5 au métacarpe et au métatarse, sont correspondants et similaires.

Le Propriétaire-gérant,

Félix ALCAN.

Saint-Denis. — Imprimerie Ch. Lambert, 17, rue de Paris.


JOURN. D'ANAT. ET
PL. VI.
I
oe
c
v
p
i⁴
i²
i⁵
i³
VI
me
e
VII
a
me
e
a
c
IX
a
X
mc
c
XV
g
f
o¹
l
e¹
XVIII
c
c'
e
t
XIX
f
e
f
em
t
c
f
mt
c
t
e
em
f
XX
m¹
m
d
m¹
f
XXIX
XXX
e
e¹
c¹
c
Beauregard del.
Delahaye lith



Ch. Robin

CHARLES ROBIN

(1821 — 1885)

SA VIE ET SON ŒUVRE

« Qu'importe que vous soyiez vitaliste, hip-
« pocratiste de Cos ou de Montpellier, iatro-
« mécanicien, organicien, animiste, etc...,
« pourvu que vous sachiez ce qui est, que
« vous connaissiez la constitution de la subs-
« tance organisée, la nature des actes réels
« dont elle est le siège et comment ils varient
« selon que la substance organisée se trouve
« placée dans telles ou telles conditions. »
(*Anat. et Phys. cell.*, p. 155.)

I. — Jasseron. — Les débuts. — Lebert. — L'influence d'Auguste Comte. — Le traité du Microscope. — L'état d'organisation. — Le milieu.

Non loin de Thoirette, patrie de Bichat, est un autre village du département de l'Ain, nommé Jasseron, à la limite de la plaine de la Saône, sur les premières pentes de collines montant vers le Jura. C'est là que Charles-Philippe Robin est venu au monde le 4 juin 1821. La maison où il naquit et où la mort devait le surprendre est une grande habitation du milieu du siècle dernier. Sur la ruelle principale conduisant à l'église du village, une immense porte charretière en cintre perce les murs blanchis d'un vaste bâtiment sans fenêtres au dehors. Après avoir franchi une grande voûte on est dans la cour, pleine de lumière, bordée, sur les trois autres côtés, de constructions basses. Au milieu un bouquet d'arbres avec quelques bancs; ici un puits; devant la maison en rez-de-chaussée qui occupe le fond, une corbeille de fleurs taillée dans le gazon. A droite, à gauche et dans le grand bâtiment de l'entrée, sont les celliers, les remises, les écuries, les pressoirs, le chenil. Sur les murs, des vignes vierges et des plantes grimpantes jettent une tache de verdure joyeuse. De l'autre côté de la maison, un grand verger est en partie planté en jardin pour avoir des fruits, des fleurs. Et comme paysage, les premiers coteaux du Jura où s'appuie Jasseron : sur la colline la plus voisine, les ruines du château d'où est sortie la forte race des Coligny.

L'intérieur est celui de bourgeois riches du siècle dernier. Rien n'a été changé, ni les vieux meubles, ni la boiserie, ni la peinture à la chaux des couloirs. Le grand-père de Robin avait été en relation, dit-on, avec Voltaire à Ferney. Son père avait autrefois tenu un pensionnat à la Croix-Rousse. Aussi la maison était-elle pleine de livres débordant jusque sur les réduits de l'escalier à rampe de fer qui monte au grenier.

La maison appartenait à Robin qui en laissait la jouissance à ses frères. Dans ses rares visites, il habitait la plus petite chambre, tout au bout du couloir, mais la mieux éclairée. Un lit de fer avec des rideaux d'indienne bleue, une table avec un microscope sous une cage de verre recollée à grands renforts de papier, un fauteuil, une chaise, et c'était à peu près tout le mobilier. Sur des tablettes un alignement bizarre de bouteilles avec des substances chimiques et tous les réactifs nécessaires aux recherches anatomiques. Sur d'autres tablettes, des livres; ici un volume de Renan, plus loin le grand traité de chimie de Berzélius et, enfin, sur la cheminée, comme à la place d'honneur dans cette cellule de bénédictin, une balance, l'instrument des sciences exactes par excellence.

Le jeune Robin passa les premières années de son adolescence au pensionnat de Menestruel, près Poncin. C'est là que, pendant une récréation il reçut au visage, en jouant avec ses camarades, un morceau de bois qui lui creva un œil. Il acheva ses études classiques au collège de Lyon, il fut quelques mois élève pharmacien chez M. Tiersot père, à Bourg, et suivait en même temps les cours de l'hôpital. Puis il vint à Paris où il fut externe dans le service de Trousseau avec M. Brown-Séquard, tous deux se préparant à l'internat. Comme ils étaient voisins dans les ruelles aux alentours de l'École de médecine, ils se rencontraient le matin en route pour l'hôpital. Ils avaient la même ardeur et furent bientôt grands amis. Il fut convenu que chacun, tour à tour, devait faire à l'autre, en marchant, la conférence préparée de la veille. Robin travaillait davantage, c'est M. Brown-Séquard qui le dit, mais s'exprimait difficilement, il arriva en moins bon rang (1).

Ceux qui l'ont vu à cette époque travailler de seize à dix-huit heures par jour, sont restés frappés de l'énergie de volonté et d'intelligence qu'il mit à combler les lacunes de son instruction première (2). Interne des hôpitaux à vingt-deux ans (concours de 1843-1844), Robin fait à la Société anatomique sa première communication sur un cas de rupture du cœur. L'année suivante il est

(1) *Brown-Séquard*, Soc. de Biologie. 10 oct. 1885.
(2) Journal *La Nature*.

lauréat de l'École pratique. Et presque aussitôt des circonstances particulières le portent vers la zoologie et l'anatomie comparée.

Orfila venait de s'adresser à tous les savants de l'Europe pour l'aider à créer le musée anatomique qui porte son nom à la Faculté de médecine. Il avait en même temps envoyé Robin avec le Dr Lebert sur les côtes de Normandie et aux îles Jersey afin d'y recueillir des objets d'histoire naturelle et d'anatomie comparée pour une collection qui ne devait pas être, dans la pensée de son fondateur, exclusivement consacrée à l'anatomie de l'Homme. Cette mission explique à la fois la direction des premiers travaux de Robin, qui portent principalement sur les Poissons et les Mollusques, et aussi sa collaboration pour plusieurs mémoires avec Lebert. Partageant au début les doctrines pathologiques de ce dernier, il les abandonnera bientôt et se fera une place à part.

C'est à la Société philomatique qu'il fait connaître les résultats nombreux et variés de cette première campagne scientifique au bord de la mer. Il en rapportait une découverte capitale, celle des organes électriques de la Raie, qui devait plus tard, complétée par la physiologie, contribuer largement à lui ouvrir les portes de l'Académie des sciences. Dès cette époque il affirme, en quelque sorte, par la variété même des sujets qui l'occupent, les tendances diverses qui en feront le biologiste le plus encyclopédique de notre temps, à la fois anatomiste, physiologiste, pathologiste, zoologiste, botaniste. Robin est tout cela et dès le début. En 1845, il publie différents mémoires sur les lymphatiques et la circulation veineuse des Poissons et sur le mécanisme de la fécondation du Calmar, sur les organes de la génération d'un autre mollusque, la Patelle, sur la vascularité du cancer, sur une espèce particulière de glande de la peau de l'Homme, etc.

L'année suivante, au milieu de travaux qui font suite aux précédents, c'est un premier mémoire purement histologique sur les éléments caractéristiques du tissu fibro-plastique, et un autre purement zoologique sur les Cysticerques de l'Homme et de l'Ours. En 1847, sa thèse d'agrégation sur les Fermentations, et d'autre part sa thèse pour le doctorat ès-sciences, *Des végétaux qui croissent sur l'Homme et sur les animaux vivants*, nous le révèlent comme botaniste.

Robin avait été reçu docteur en médecine le 31 août 1846 avec une thèse d'anatomie topographique. La chaire d'histoire naturelle médicale était alors occupée par Richard. Robin devenu agrégé est appelé, en 1849, à remplacer le professeur malade. Il professe pendant un semestre la botanique et la zoologie, comme l'exigeaient

les règlements. En même temps il institue une série de cours particuliers dans son laboratoire. On peut dire qu'il avait déjà un nom. Richard le fait collaborer à la dernière édition de ses *Éléments d'histoire naturelle médicale* (1), Berard (2), Cruveilhier (3) demandent à la science du jeune agrégé des éclaircissements utiles.

Cependant comme il avait peu ou point de clientèle — Robin était l'homme le moins fait pour réussir dans la carrière médicale — la vie était difficile, mais cela ne rebuta pas sa tenacité paysanne, il resta tout au travail, à son violent désir de connaître, d'acquérir, d'observer, d'expérimenter, de faire des collections. Il ne voyait rien en dehors de son laboratoire et de ses études où, marchant en avant de son temps, il n'avait guère d'émules. Plus d'une fois l'agrégé fit cuire lui-même son déjeuner. Il donnait bien quelques consultations, mais si rares! Par contre on lui apportait tous les jours et plus qu'il n'en pouvait examiner, des tumeurs, des pièces pathologiques, des embryons : et en vérité c'était bien là ce qu'il préférait. Il avait aussi de temps à autre quelques expertises médico-légales, bien peu payées et pourtant toujours les bien venues. Rayer, auquel M. Brown-Séquard l'avait fait connaître et qui l'apprécia de suite, lui procurait le plus qu'il pouvait de ces petites occasions. Plus tard, quand Robin était déjà professeur à l'École de médecine, il le fit charger de l'autopsie du duc de Morny.

Donc, à trente ans, Robin était une autorité, il avait publié une multitude de mémoires sur les objets les plus différents relatifs à la biologie : anatomie normale et pathologique de l'Homme, anatomie comparée, anatomie générale, même des animaux inférieurs, zoologie proprement dite, botanique, chimie. On lira dans la bibliographie dont nous faisons suivre cette notice, la liste touffue de ces communications incessantes aux sociétés savantes, qui se succèdent de 1844 à 1849. C'est à cette dernière date qu'il fait paraître la première œuvre d'ensemble où son génie propre et toute sa conception biologique se révèlent en traits d'une fermeté singulière. On peut dire de Robin qu'il resta jusqu'à la fin l'homme du premier jour, il le fut même parfois et pour certaines doctrines au point de persévérer dans des erreurs qui étonnent. Mais ce fut là certainement, en même temps, un des secrets de sa puissance. Robin jette en 1849 les bases d'une étude complète et systématique de l'anatomie, et c'est en quelque sorte le programme de sa vie qu'il

(1) Édit. de 1849, t. I, p. VII et t. II, p. 17.
(2) Voy. *Cours de physiologie*. Paris 1848, t. I, p. 172, 320, etc.
(3) *Traité d'anatomie pathologique générale*. Paris 1852, t. II, p. 24, 84 et suiv.

vient de tracer. Nulle carrière scientifique, peut-être, n'a été plus logique, plus uniforme au milieu d'une variété prodigieuse de travaux. Les principes qu'il pose en 1849, sont rigoureusement ceux qui le guideront dans son enseignement quand il sera devenu professeur, ceux qui inspireront son œuvre maîtresse, son traité d'*Anatomie et de physiologie cellulaires*, paru en 1873. Il intitule ce premier ouvrage dogmatique : *Du microscope et des injections dans leurs applications à l'anatomie et à la pathologie, suivi d'une classification des sciences fondamentales, de celle de la biologie et de l'anatomie en particulier* (1849).

Comme l'indique ce titre long et compliqué, nous avons là en réalité deux ouvrages d'un caractère absolument différent, opposé, le second tout philosophique, le premier simplement de technique. Ce point est à noter. Trop souvent on a fait passer le grand anatomiste pour dédaigneux des multiples procédés de recherches enseignés par l'expérience. On se trompe gravement, il n'y excella point à la vérité, mais ne les dédaigna jamais. Il les tenait simplement pour ce qu'ils doivent être, des procédés de prosectorat macroscopique ou microscopique peu importe, des moyens dont ne saurait se passer la science, mais qui ne sont nullement la science même. Nous reviendrons sur ce sujet. Aussi bien ce qui nous intéresse dans le traité *Du Microscope* est la seconde partie. C'est véritablement un ouvrage à part, il a même sa pagination spéciale. Le libellé du titre, cette « classification des sciences fondamentales de la biologie » sont à eux seuls une indication, font deviner l'influence d'Auguste Comte. En effet Robin a été réellement, après Littré, le représentant et le propagateur le plus autorisé de la philosophie positive. Ceci appelle quelques éclaircissements que nous devons à l'obligeance de M. Wirouboff. Rayer qui se prit de suite d'amitié pour Robin, était un ancien camarade de Littré. Ils avaient fait ensemble leurs études à l'École de médecine et avaient conservé des relations intimes. C'est par Rayer que Robin connut Littré et qu'il fut introduit près d'Auguste Comte. Madame Comte dont Littré nous a tracé un si intéressant portrait (1), aurait même eu sur la carrière de Robin une influence décisive. Elle se résolut d'aider cet obstiné, ce patient chercheur coulé tout d'une pièce dans le bronze, et si peu fait pour les habiletés professionnelles. Peut-être est-ce surtout par cette femme supérieure que Rayer fut incité à réclamer la création d'une chaire d'histologie pour Robin. Et c'est elle encore qui pressera plus tard Robin de poser sa candidature à l'Académie des sciences, à

(1) *La Philosophie positive*, mars avril 1877.

laquelle il ne songe pas. Quand les idées de Comte se furent modifiées, Robin cessa de le voir et dans le démembrement de l'École positiviste, se rallia au parti où devait l'attacher son esprit essentiellement scientifique. Sa liaison avec Littré se resserra encore quand celui-ci l'eût pris pour l'aider à refondre le célèbre *Dictionnaire de Nysten.*

En s'inspirant de Comte(1), Robin devançait son temps. Nous tenons de lui-même cette anecdote qui montre bien tout à la fois les progrès rapides que la philosophie positive allait faire les années suivantes et l'isolement lamentable où se trouvait en 1849 un de ses partisans les plus décidés : dans cette seconde partie du traité *Du Microscope* où Robin essayait de préciser la place, le rôle et les divisions de la biologie, il avait reproduit quelques pages empruntées au *Cours de Philosophie positive.* L'éditeur exigea la suppression de ce long passage comme émanant d'un auteur absolument déconsidéré, et fit de ce retranchement une condition. Robin n'avait pas le choix, il consentit. Quelques années plus tard cet éditeur était le même qui entreprenait à gros frais la publication de la 2e édition du *Cours de Philosophie positive.*

Dans cette seconde partie du traité *Du Microscope* dont nous rappelons encore le titre : *De la classification des sciences fondamentales en général, de la biologie et de l'anatomie en particulier,* Robin déjà érudit s'inspire de Vicq-d'Azyr, de De Blainville, de Dumas, de William Edwards, mais surtout d'Auguste Comte qui restera pour lui le guide toujours suivi. Il commence par assigner à la biologie son rang naturel dans l'ordre des connaissances humaines. Il montre par quels liens la science des êtres vivants se rattache forcément aux sciences connexes et « comment les faits accumulés « en quelque nombre que ce fût, resteraient stériles, si au lieu de « baser l'étude de l'Homme — par exemple — sur la connaissance « préalable des lois chimiques, physiques, etc., on continuait à « maintenir à son égard la manière primitive de raisonner, qui « consistait à regarder cette étude comme directe et isolée de celle de « la nature inerte. » (*Du Micr.*, IIe partie, p. 72.) Sans doute ces choses ont moins besoin d'être dites aujourd'hui, mais il faut se reporter à l'époque où paraissait le traité *Du Microscope,* où une sorte de réaction s'était faite contre les idées philosophiques de la fin du

(1) On nous assure qu'un cahier de notes recueillies par Robin aux leçons d'Aug. Comte devait se trouver dans ses papiers, probablement un de ceux auxquels il fait allusion dans son traité d'*Éducation* (voy. plus loin). Il eût été intéressant à plus d'un titre de retrouver ce cahier ou ces cahiers. Sa famille nous avait promis de faire des recherches qui n'ont sans doute point abouti, car nous n'en avons plus entendu parler.

siècle dernier. Car Robin en définitive ne pense pas autrement sur tout cela que Buffon disant comme conclusion de sa comparaison des animaux et des plantes avec les minéraux que « l'étude des êtres vivants est toute physique ». C'est donc le devoir de la science moderne de reprendre la connaissance anatomique de l'Homme par la base, par le point de contact de la matière organisée dont il est construit, et des éléments cosmiques. L'argument tiré de l'impossibilité où nous sommes jusqu'à ce jour de réaliser directement la synthèse d'une matière vivante, n'est pas suffisant à placer par quelque attribut que ce soit, les êtres qui en sont composés, en dehors du monde physique, puisque chaque jour en réalité nous voyons s'abaisser cette barrière.

Auguste Comte avait déjà défini l'organisme : « Un système de « parties élémentaires indivisibles plus ou moins hétérogènes les « unes aux autres, artificiellement séparables et décomposables, « formant un tout unique temporairement indissoluble et concou-« rant à un but commun. » Robin étendant sa définition à toute individualité vivante, qu'il s'agisse d'un individu animal ou d'un élément anatomique (cellulaire) entrant dans sa composition, caractérise ainsi les corps organisés : « Corps de volume et de forme dé-« terminés, quoique très divers, limités par des surfaces courbes; « présentant un ensemble de caractères physiques qui résultent de « la disposition des éléments anatomiques dont ils sont formés, et « qui, bien que variables de l'un à l'autre, n'appartiennent pour-« tant qu'à eux; composés de principes immédiats gazeux, liquides « et solides, dus à des combinaisons complexes et peu stables d'un « petit nombre de substances simples. »

Et il ajoute :

« Placés dans des conditions convenables les corps organisés ont « la propriété d'y vivre, c'est-à-dire d'être soumis incessamment « à l'action des corps extérieurs et réciproquement de réagir sur « eux; enfin de croître, de décroître et de se reproduire par forma-« tion d'un germe dont l'évolution donne naissance à un être sem-« blable à celui qui l'a produit. » (*Du Micr.*, IIe partie, p. 117.)

Cette relation perpétuelle avec le monde extérieur se traduit par un apport et un rejet de matière connus de tout temps, puisqu'Aristote déjà le signale et l'observe. L'être vivant, la matière organisée est donc sans cesse nourrie par les éléments cosmiques (plus ou moins transformés) du dehors. La vie est un déplacement perpétuel de matière et Thomas d'Aquin la définit déjà très bien en disant qu'elle est un mouvement mais d'un genre particulier et qu'on ne retrouve point ailleurs. C'est donc par un abus toujours

fâcheux de langage qu'on a quelquefois appliqué ce mot VIE à des phénomènes évolutifs constatés dans certains corps minéraux, sur certains astres, chez des peuples et dans les langues. S'il est admissible de dire qu'un peuple ou une langue sont des organismes, cela n'entraîne pas plus la ressemblance avec un organisme vivant, qu'il n'en existe entre celui-ci et une machine ou le rouage d'une horloge, qui sont aussi des organismes. Le mot VIE dans son acception propre et vraiment scientifique, désigne exclusivement un mode spécial d'*activité* de la matière et ne peut, ne doit s'appliquer qu'à lui : c'est-à-dire au phénomène de double mouvement moléculaire, à la fois général et continu, de composition et de décomposition que présentent les corps organisés placés dans un milieu convenable. C'est la définition même de De Blainville (*Principes d'anatomie comparée*, 1822) et d'Auguste Comte (t. III, p. 295).

« Les êtres organisés, dit encore Robin, sont des appareils d'un « effet lent, agissant sur des matières toujours à l'état naissant et « produisant avec un très petit nombre d'éléments, des combinai- « sons organiques les plus diverses qui varient et se multiplient dès « que la composition ou l'arrangement des parties vient à être mo- « difié par une cause quelconque. » (*Du Micr.*, IIe part., p. 95.) Et plus loin (p. 144) : « C'est à la chimie que la biologie se su- « bordonne de la manière la plus directe et la plus complète. Les « actes fondamentaux dont la succession perpétuelle caractérise la « vie sont nécessairement chimiques, puisqu'il consistent en une « suite continue de compositions et de décompositions... C'est sur « les lois chimiques que doivent reposer toutes les explications « théoriques de nutrition proprement dites, de sécrétion, etc... »

Il y a donc, en réalité, dans l'organisme deux ordres de caractères, et c'est ce que Robin entrevoit de très bonne heure : 1° les qualités morphologiques extérieures et de structure intérieure; 2° les qualités chimiques de composition, de décomposition et de constitution, qui sont le lien direct entre l'être organisé et le monde extérieur, dominent par conséquent les premières.

Robin, comme cela ressort nettement des passages que nous venons de citer, fait déjà cette distinction, mais il ne la formule pas encore aussi nettement qu'il le fera bientôt dans ses *Tableaux d'anatomie*. Dès lors il voit très bien que la structure n'est pas tout, et qu'au-dessus d'elle, avant elle, il importe de pénétrer la composition chimique de ces éléments anatomiques et de ces humeurs disposés suivant un agencement déterminé qu'ils gardent encore un certain temps après que la vie a cessé en eux, qui n'est point

en conséquence la vie. « Dans ce qu'on entend par organisation, « dira-t-il plus tard (1), il y a autre chose qu'un arrangement mé- « canique de parties élémentaires figurées. Il y a quelque chose au « delà, dont il faut tenir compte et qui gît dans chacune de celles- « ci : c'est un état moléculaire spécial de principes immédiats « divers, dont la substance dite douée d'organisntion, est com- « posée..... Il y a plus d'une lacune encore à combler touchant « les lois d'après lesquelles s'accomplit cette association de prin- « cipes immédiats (2). »

Pour Robin, et c'est là un point que nous ne devrons pas perdre de vue dans l'histoire de ses discussions avec M. Virchow, la vie ne se rattache pas essentiellement à telle ou telle forme géométrique. Elle réside en dernier ressort dans cet état moléculaire particulier : l'état d'organisation. Partant de cette conception biochimique absolument juste en soi et tant qu'on délaisse la notion de succession des êtres, Robin, à la suite de Comte d'ailleurs, sera conduit à accorder dans l'économie presque une égale importance aux éléments organiques figurés ou non, à mettre presque au même rang les cellules et les plasmas, les membranes anhistes, les substances fondamentales. Il attribue il est vrai aux plasmas le minimum d'état d'organisation et insiste même sur la nécessité de ne pas confondre les plasmas avec le protoplasma des cellules, mais en somme il regarde toutes les substances liquides, solides ou demi- solides de l'économie comme étant au même degré les éléments organiques du corps, comme ayant un rôle physiologique à peu près équivalent, au point que nous le verrons faire tour à tour dériver les premières substances eccellulaires (3) apparues, des cellules du vitellus segmenté ; et plus tard les cellules de l'adulte, des matières amorphes au sein desquelles il croit qu'elles apparaissent par genèse.

L'être prend ainsi dans son ensemble une unité nouvelle. Tandis que d'autres anatomistes en feront, trop peut-être, une *somme* d'activités cellulaires individuelles, et n'y verront que cela, Robin y voit avant tout un *produit* réciproque d'activités bio-chimiques

(1) Art. *Biologie* du *Dict. Encycl.*, 1868.

(2) Robin ajoute (1868) : « Mais ces lacunes dans nos connaissances ne sont pas en- « tièrement du fait des biologistes. Elles tiennent à ce que la chimie nous laisse encore « ignorer ce que sont les substances coagulables en tant que composés chimiques, quelle « est leur constitution moléculaire réelle... Il y a tout lieu de croire, en outre, que ces « principes immédiats, non cristallisables, sont des mélanges en proportions indéfinies « de composés chimiques définis, mais la nature de ceux-ci reste encore à déterminer. » Voir sur ce sujet les derniers travaux de M. Schutzemberger.

(3) Voyez *Nouveau Dictionnaire abrégé de médecine*, 1886.

résidant dans toutes les substances figurées, cellulaires ou non, partout assujetties à ce qu'il appelle les conditions organiques de forme, d'influence nerveuse, etc. Mais ces conditions particulières n'ont aucun pouvoir de modifier en quoi que ce soit l'acte vital fondamental qui est la nutrition. Elles peuvent seulement en rendre l'analyse plus difficile pour nous, en raison d'interventions dont la nature nous échappe absolument : quand nous voyons, par exemple, un certain degré d'innervation modifier l'activité et même la nature de l'activité d'une glande ou d'un muscle (1).

Robin, dès le début de la recherche histologique se sent donc en quelque sorte arrêté par le défaut de nos connaissances par la difficulté de se figurer imaginativement ce mouvement moléculaire intime caractéristique de la vie. Tout manque en effet pour en donner la formule entière, et d'abord, la notion de la véritable constitution des substances comme la fibrine, la cellulose, etc..., entrant dans la composition des corps vivants, et formées d'un mélange plus ou moins complexe de corps définis peu stables, avides d'oxygène et pour ainsi dire constamment voisins de l'état naissant. Ce qui nous manque tout autant, c'est la connaissance de la série des transformations par lesquelles passent ces principes essentiellement constituants, pour être transformés à leur tour en produits tels que l'acide oxalique, l'acide cyanhydrique, l'urée, l'acide formique, etc., les seuls dont on avait pu, à l'époque (1849) où Robin écrivait son traité *Du Microscope*, réaliser la synthèse. Ces produits rendus plus fixes que ceux dont ils dérivent, par la tendance générale de notre organisme à l'oxidation, lui deviennent étrangers, sont par conséquent destinés à être rejetés.

De même il est évident que ce mouvement moléculaire intestin sera le début, le point de départ précis et fondamental de la physiologie, de l'étude dynamique des corps organisés. Par suite, l'anatomie ne saurait se distinguer de la physiologie. L'une ou l'autre des deux sciences envisagée sans sa corrélative est une sorte de non sens.

C'est en poursuivant cet ordre d'idées que Robin arrive très vite à formuler avec précision sa conception de l'ÉTAT D'ORGANISATION, qui devint par la suite la base de toute sa doctrine biologique.

« Il y a plusieurs degrés de l'état d'organisation (2), mais pour « avoir une exacte notion du plus simple d'entre eux, et par suite, « de tous les autres que le premier domine, il faut se reporter au

(1) Voy. *Du Microscope*, p. 144.

(2) Voy. plus loin.

« delà d'une simple notion d'arrangement réciproque ou d'enche-
« vêtrement de parties douées d'une certaine configuration. Der-
« rière cette notion de dispositions mécaniques ou géométriques, il
« faut pénétrer jusqu'à la notion de composition immédiate et d'ar-
« rangement moléculaire des principes immédiats associés entre
« eux, considérés ensemble et individuellement. C'est donc dans
« une notion d'association moléculaire, de modification de la ma-
« tière, comme le dit Bonnet, que gît la notion d'organisation ou
« ce qu'elle a de caractéristique. On est toujours obligé de remonter
« à cette notion lorsqu'il s'agit de décéler les modes de son activité
« et ceux de ses altérations. »

« Confirmant les prévisions de Descartes, l'analyse anatomique
« et physiologique rigoureusement poursuivie, montre que la *vie*
« est un mode d'activité de la matière, non pas en général, mais de
« certaine sorte de matière seulement. La vie est le mouvement d'un
« certain système en équilibre moléculaire instable, représenté par
« ce qu'on appelle *état d'organisation*. (Art. *Organe* du *Dictionnaire*
« *encyclopédique*.) »

Robin, dans le traité *Du Microscope* (IIᵉ part. p. 129), définit la biologie : « La science qui étudie les êtres organisés dans le but « d'arriver, par la connaissance des organes ou des modifications « organiques, à connaître les fonctions ou actes, et réciproque- « ment (1). » Plus tard il en a encore donné la définition suivante (2) : « C'est la science qui a pour objet de ses études les « corps organisés et pour but la connaissance des lois de leur or- « ganisation et de leur activité. »

Ceci revient à dire que la biologie positive doit être envisagée comme ayant pour destination générale de rattacher constamment l'un à l'autre, dans chaque cas déterminé, le point de vue anatomique et le point de vue physiologique, ou en d'autres termes, l'état statique et l'état dynamique. Cette relation perpétuelle constitue son vrai caractère philosophique (A. Comte), et c'est à De Blainville que revient le mérite d'en avoir le premier distingué les deux termes fondamentaux sous ces deux appellations de *statique* et

(1) Le mot *biologie* avait été introduit dans la science à peu près simultanément par Lamark (*Hydrogéologie*, an X) et par Treviranus (*Biologie oder Philosophie der lebenden Natur*, Gœtt., 1802). Il est à peine utile de relever la fausse application donnée à ce terme « biologie » par quelques zoologistes qui l'emploient pour désigner les recherches ou les connaissances ontologiques s'appliquant à une espèce animale déterminée.

(2) Voy. *Phil. posit.*, juillet-décembre 1867, p. 81.

de *dynamique* des corps organisés (*De l'Organisation des animaux.* Paris, 1822).

Comme toute science, la biologie comporte nécessairement un système de prévisions. « Savoir, c'est prévoir. » Ainsi, prévoir comment dans telle circonstance donnée agira tel élément, tel organe, tel individu, ou inversement savoir quel est l'élément, l'organe, l'individu qui a pu produire un acte déterminé, voilà le double but que doit toujours se proposer le biologiste. Mais il faut reconnaître, toutefois, que plus l'agent organique, d'une part, l'acte accompli de l'autre, deviennent complexes, plus le rattachement intégral de l'un à l'autre devient difficile, au point d'être bientôt insurmontable quand on dépasse les organismes et les actes les plus simples. Il faut même convenir que notre impuissance à prévoir est la règle commune, à cause de cette extrême complication de la biologie qui la maintient forcément dans un état d'imperfection plus grand que les autres sciences, sauf la sociologie, bien entendu.

Définir la vie, l'état d'organisation, par ce mouvement incessant d'accès et de sortie des éléments cosmiques, est une indication suffisante qu'on ne saurait envisager l'être vivant indépendamment de son MILIEU. C'est une notion devenue populaire depuis les travaux de Darwin, mais que les biologistes avaient avant lui plus ou moins complètement méconnue et négligée. Bichat se trompait du tout au tout en regardant le milieu comme l'antagoniste de l'être vivant, l'appelant à la mort. C'est au contraire le milieu qui nous entoure, pouvant varier dans des limites assez étendues, qui permet la vie ; et s'il devient destructeur, c'est qu'il a subi de trop grandes perturbations accidentelles, perturbations qui sont en définitive moins fréquemment cause de mort, que la vieillesse, c'est-à-dire que les modifications nécessaires, lentes, spontanées de l'organisme. Lamark n'avait envisagé l'influence des milieux que dans ses résultats lointains sur l'organisme ; mais personne n'en avait conçu une idée juste, à la fois générale et complète dans tous ses détails, avant De Blainville (*Cours de Physiologie comparée*, t. I et III, p. 367, 1830). Et cependant, fait remarquer Robin, le traité de W. Edwards (*De l'influence des agents physiques sur la vie*) et l'imperfection de l'art de l'hygiène (n'oublions pas que nous sommes en 1849) fondé en entier sur cette science, auraient dû faire sentir le besoin de son étude systématique. Auguste Comte avait été sur ce point comme sur tant d'autres le véritable législateur de la biologie. « L'idée de vie, dit-il, suppose constamment la corréla- « tion nécessaire de deux éléments indispensables, un organisme

« et un milieu ou ensemble total des circonstances extérieures d'un « genre quelconque compatibles avec l'existence de ce dernier. « C'est de l'action réciproque de ces deux éléments que résultent « inévitablement tous les divers phénomènes vitaux non seulement « animaux mais aussi organiques ou végétatifs. » (*Phil. posit.*, Paris, 1838, t. III, p. 301, 532 à 535 et 3e édit, 1869, 40e et 41e leçons.) Et cette corrélation est telle, qu'on ne saurait concevoir une modification de l'un sans que survienne une modification de l'autre par une réaction inévitable. On peut dire en définitive que l'idée de vie est aussi inséparable de celle d'organisation, que de celle de milieu en relation déterminée avec l'organisme (Voy. A. Comte, t. III).

Robin à son tour définit le milieu : l'ensemble total des circonstances ou agents extérieurs, physiques ou chimiques propres à fournir à l'être organisé les principes immédiats ou matériaux nécessaires à la nutrition et à la manifestation des autres propriétés de ses éléments anatomiques. (*Microsc.*, IIe partie, p. 120.) On remarquera que cette définition ne s'applique point à ce que l'on a parfois appelé « le milieu intérieur. » Cette expression est un non sens. Le milieu intérieur c'est l'être même, et on ne saurait davantage appeler, en anatomie, intérieures, autrement que dans un sens tout descriptif, les substances contenues dans les cavités ouvertes au dehors, estomac, vessie, etc. Ces substances sont évidemment en dehors de l'organisme, aussi bien que l'air qui sort à chaque expiration des vésicules pulmonaires, ou qui traverse le canal digestif d'un *Cobitis fossilis*.

Seulement, il est bien évident d'autre part, que l'idée de milieu peut être transportée de l'être entier à l'élément anatomique. A ce point de vue le milieu de celui-ci est constitué par les éléments et les humeurs qui l'environnent, le nombre étant en général relativement petit des éléments qui sont directement en contact avec le milieu ambiant, à la surface du corps, dans les voies respiratoires, digestives, génitales, auxquelles on pourrait même ajouter les voies urinaires. Pour la plupart des éléments anatomiques — abstraction faite évidemment des éléments sensoriels — le milieu cosmique n'intervient plus que d'une façon tout à fait indirecte : ils sont au contraire directement influencés par leur propre milieu, ici organique, résultant de la composition chimique ou même des modes de repos ou d'activité spéciaux des éléments limitrophes de celui considéré. Aussi voyons-nous les éléments anatomiques et en particulier les éléments cellulaires, c'est-à-dire les véritables détenteurs de l'activité des corps organi-

sés, exiger pour la plupart comme condition essentielle de cette activité la présence continuelle d'humeurs les enveloppant de plus ou moins près, leur apportant dissous les principes qui doivent s'intégrer en eux, emportant les principes éliminés par le fait de leur désintégration simultanée. On peut dire des éléments et des humeurs qu'ils sont réciproquement indispensables les uns aux autres. Solide ou liquide, nul n'a la prééminence : l'un agit, l'autre maintient en état d'agir. Il nous est impossible de concevoir un corps organisé vivant quelconque sans un milieu dans lequel il puise et rejette, l'un étant l'agent, l'autre fournissant les conditions d'activité : c'est par les humeurs que s'établit cette liaison entre les éléments anatomiques et le milieu universel (1). Ceci toutefois est beaucoup plus généralement vrai des animaux que pour les plantes, dont beaucoup telles que les mycelium, etc..., ne présentent aucune lacune intercellulaire renfermant un gaz ou une humeur en dehors des éléments anatomiques. On en peut dire autant des animaux au début de la période embryonnaire, quand l'individu ne contient aucune humeur et est uniquement formé de parties plus ou moins solides cellulaires, réagissant les unes sur les autres en même temps qu'elles réagissent individuellement et simultanément sur le milieu cosmique.

Dans l'étude de ces réactions multiples, plus ou moins complexes et plus ou moins directes du milieu, Robin indique toute une science : « branche essentielle de la biologie, dit-il, peu connue « et encore tellement imparfaite, si peu caractérisée, que la plupart « des physiologistes n'en soupçonnent pas l'existence distincte et « nécessaire. » C'est la même science qui traitera également des milieux comme modificateurs généraux des caractères extérieurs des êtres vivants. Pour tout dire d'un mot, c'est la science de l'organisme en fonction du milieu. Et pour cette branche spéciale de la biologie, Robin toujours épris de précision, propose le nom de *Mésologie.*

Dans le tableau complet qu'il essaye de tracer des branches diverses de la biologie et des rapports qu'elles ont entre elles, Robin n'oublie pas la *Pathologie*, et en termes excellents il en marque la place aussi bien que la portée. Arrivant enfin aux connaissances pratiques basées sur la biologie, il en reconnaît seulement deux ordres : 1° l'*Éducation* des êtres vivants, végétaux et animaux, c'est-à-dire les modifications qu'on leur fait subir par une direction systéma-

(1) Voy. Robin, *Chim. anat.*, 1853, p. 13-14.

tique imprimée dans un but déterminé durant l'ensemble de leur développement; 2° leur *Médication* c'est-à-dire l'action rationnelle exercée par l'homme pour ramener à l'état normal les êtres dont les organes sont altérés. — Robin ne s'est jamais sérieusement occupé de thérapeutique, excepté quand elle est nettement indiquée par la nature même des maladies parasitaires, quand elle devient précisément, pour les êtres qu'il s'agit de détruire, une question de milieu cosmique. — Au contraire tout ce qui touche à l'éducation lui était beaucoup moins indifférent, et nous le verrons vers la fin de sa carrière publier une intéressante étude sur les rapports de l'éducation et de l'instruction.

Dans cet appendice si singulièrement étendu qu'il met à la suite de son traité *Du Microscope*, Robin après avoir exposé les rapports de la biologie et la place qu'elle occupe dans l'ordre des connaissances conformément à la doctrine de Comte, passe à l'Anatomie et refait pour elle le même travail, en marque les divisions. Nous y reviendrons à propos de ses *Tableaux*. Enfin les derniers chapitres sont consacrés à une question qui a toujours beaucoup préoccupé Robin, celle d'une distinction nette entre les végétaux et les animaux. Nous y reviendrons également.

Et malgré tant de sujets traités, l'auteur dans l'Introduction nous dit ceux qu'il regrette de n'avoir point abordés (1). Il aurait voulu prévenir les biologistes contre l'inanité de toute recherche sur la *nature intime* de l'essence des choses et des phénomènes, questions à jamais insolubles. Les physiologistes en particulier devront se garder de l'hypothèse d'un « fluide nerveux » reconnu invisible, intangible, impondérable, c'est-à-dire auquel on attribue précisément toutes les qualités nécessaires pour qu'on ne puisse jamais s'assurer de sa réalité. Il n'est que trop certain qu'aujourd'hui encore les physiologistes du meilleur esprit auraient parfois besoin d'être prévenus avec la même vigueur contre l'assimilation qu'on est étonné de les voir faire des actions nerveuses et des actions électriques. Or elles n'ont bien évidemment de commun que l'apparence extérieure de certains effets produits, lesquels nous permettent de raisonner de la conductibilité nerveuse en nous servant des faits connus de conductibilité électrique, comme nous raisonnons des vibrations de l'éther en nous servant des faits connus des vibrations des corps pondérables, et sans que pour cela l'identité des deux phénomènes soit démontrée.

(1) *Du Microscope*, p. LV.

Un autre point capital que touche encore Robin, est la nécessité de distinguer dans chaque question ce qui est, de ce qui a été dit par tel ou tel, en d'autres termes de ne pas confondre la science avec l'histoire de la science. Assurément on ne saurait méconnaitre l'importance, comme complément de toute étude, de savoir par quels moyens, intellectuels surtout, les hommes sont arrivés graduellement à telle notion positive, anatomique ou autre; et par quelles phases a passé, relativement à chaque sujet, l'esprit humain. Nous ajouterons, pour l'avoir éprouvé au cours de recherches sur l'histoire de la biologie, qu'on ne peut bien étudier la science ancienne, qu'autant qu'on prend pour point de départ l'état actuel. Autrement il est très difficile d'apprécier le mode selon lequel se sont transformées les idées. C'est par les interprétations dernières qu'on juge exactement les conditions antérieures du savoir. C'est la marche sûre : l'inverse ne donne que des résultats incertains. Avec Descartes on comprend Galien; avec Galien, Aristote. Procéder autrement est faire de l'érudition et non plus de l'histoire. Robin sans avoir jamais écrit sur le passé de la biologie qu'il connaissait cependant très bien, arrive par des raisons qui au fond sont les mêmes, à cette conclusion que l'historique d'un sujet doit suivre et non précéder l'exposé nouveau. M. Sappey, qui fut toujours l'ami et le condisciple dévoué de Robin, procède ainsi dans son *Mémoires sur les cavités aériennes et les organes respiratoires des oiseaux* (1847), paru deux ans avant le traité *Du Microscope*.

II. — Les Tableaux d'anatomie. — L'état de l'Histologie. — Premiers travaux : les Médullocelles, les Myéloplaxes, le Périnèvre.

La longue dissertation que Robin avait mise en suite du traité *Du Microscope* fut peut-être composée dans le principe pour servir d'introduction à un vaste *Traité d'anatomie générale normale et pathologique chez l'homme et les principaux mammifères*, annoncé à cette époque comme « sous presse » et « devant paraître incessamment » (J.-B. Baillière, 1849). Il était naturel que l'auteur fut frappé tout d'abord de la nécessité de fixer les limites précises de la biologie par rapport aux autres sciences, et ses subdivisions. Ce travail préliminaire accompli et publié, il reprend à part l'anatomie. Et toujours dans le même esprit de méthode, il essaye d'en déterminer les limites, il se demande si toutes les notions d'organisation relatives aux êtres vivants sont de même ordre, avec des

ÉTUDE DE QUELQUES POINTS

DE LA

STRUCTURE DES FIROLES

Par R. WARLOMONT,

Docteur en médecine et en sciences.

(PLANCHE XII.)

Pendant un hiver que je passai au laboratoire de Villefranche, j'eus fréquemment l'occasion de rencontrer divers types de Firoles (*Pterotrachea coronata, mutica et hyppocampus*); c'est ce qui m'engagea à m'arrêter quelque temps à l'étude de leur structure.

Le travail que je présente aujourd'hui n'a nullement la prétention d'apporter sur le sujet des connaissances complètement inédites. J'ai seulement cherché dans les lignes qui vont suivre, à rendre plus accessible, plus saisissante pour les lecteurs, la disposition générale de ces organismes étranges. J'y ai ajouté, en passant, quelques descriptions plus détaillées sur le système nerveux et sur l'organe vibratile. Enfin, dans un dernier chapitre, je donne la représentation d'une jeune forme d'hétéropode, rencontrée à Villefranche dans la pêche pélagique.

Qu'il me soit permis, avant de commencer, d'exprimer toute ma reconnaissance à M. le Dr J. Barrois qui n'a cessé, pendant tout mon séjour au laboratoire de Villefranche, de se mettre à ma disposition de la manière la plus obligeante.

Les différents dessins ont été faits sur des échantillons d'animaux, soit frais, soit colorés au carmin boracique ou traités par l'acide osmique (pour le système nerveux) (1).

(1) Disons ici, une fois pour toutes, que nous décrirons constamment l'animal en le supposant dans sa position naturelle, c'est-à-dire couché sur le dos, la nageoire regardant en haut, la tête représentant l'extrémité antérieure et la queue l'extrémité postérieure.

I. — Disposition générale des téguments et de la musculature (fig. 1 et 2).

Les Firoles, malgré leur extrême transparence, présentent au toucher une très grande consistance; leur corps est dur et rigide, et peut être pris à la main sans subir aucun dégât.

Au premier coup d'œil, on les dirait composées d'une enveloppe musculo-cutanée rigide, très épaisse, et d'une tunique gélatineuse, parfaitement transparente, entourant la couche précédente et rappelant assez bien la tunique des Salpes. Ce dernier revêtement serait, à en croire les apparences, un simple produit cuticulaire, comme une enveloppe de gélatine sécrétée tout autour de la peau de l'animal.

Cependant, un examen plus approfondi ne permet pas d'admettre cette structure : les coupes transversales démontrent que l'enveloppe musculaire ne présente pas une grande épaisseur, mais qu'elle est au contraire excessivement mince. Ce n'est pas un épais tube musculaire comme celui qui forme le paroi (le *hautmuskelschlauch*) des Annélides, mais seulement un tube très délicat, formé par des fibres musculaires lisses entre-croisées, et dont on voit fort bien les noyaux au moyen du carmin au borax; nulle trace de fibre musculaire striée ni d'aucun élément plus complexe. Ces fibres lisses ne se trouvent pas stratifiées sur une grande épaisseur; elles ne forment que deux ou trois plans superposés. L'épiderme, loin d'être appliqué à la surface de cette couche musculaire, en est séparé par l'épaisse couche de gélatine dont nous avons parlé, et revêt celle-ci d'une manière complète. Cette gélatine n'a donc rien qui puisse en faire un produit cuticulaire.

Cette disposition se voit du premier abord chez les espèces dont l'épiderme est pourvu de papilles ou de taches pigmentaires, telles que les *Pt. mutica* et *coronata* (variété violacée); elle devient plus difficile à établir et nécessite un examen plus attentif chez les formes à épiderme complètement transparent, surtout chez les petits individus (*Pt. hyppocampus*, etc.).

Examinée sur le vivant, ou même sur l'animal entier conservé dans la liqueur d'Owen ou l'acide osmique, la couche gélatineuse externe paraît assez épaisse, mais il n'en est plus de même si l'on examine des coupes transversales faites en empâtant l'ani-

mal dans une masse au collodion, ou même de simples coupes faites aux ciseaux : dans ces coupes, on constate que la couche gélatineuse située entre l'épiderme et l'enveloppe musculaire n'occupe sur la section qu'une assez faible étendue. En dedans de la couche musculaire, on observe une seconde couche gélatineuse beaucoup plus épaisse et qui réduit d'une manière considérable la cavité générale (1).

C'est à la réunion de ces deux couches gélatineuses, sur lesquelles Gegenbaur avait déjà attiré l'attention (2), et surtout à la couche gélatineuse interne, la plus épaisse, que l'animal doit sa grande consistance. Elles forment, par leur réunion, un tube assez régulier qui constitue la partie la plus volumineuse de la paroi du corps.

En résumé, on peut dire que le corps d'une Firole consiste essentiellement en un long tube de gélatine très consistante, revêtu par un très mince épiderme et parcouru au milieu par une couche musculaire (3).

Les deux couches gélatineuses, l'interne comme l'externe, contiennent un grand nombre de grosses cellules arrondies munies d'un noyau volumineux, telles que je les ai représentées dans la figure 1. Sauf ce détail important dans l'élément cellulaire, les couches gélatineuses des Firoles me paraissent être absolument comparables à la gélatine du disque des méduses dont elles ont la transparence et la consistance (4).

Enfin, le tube musculaire et la couche gélatineuse interne circonscrivent une cavité cylindrique parcourue d'un bout à l'autre par un tube digestif qui vient s'ouvrir aux deux bouts.

Telle est dans son ensemble la structure d'une Firole. L'animal peut donc se ramener à la disposition typique d'un double tube ouvert aux deux bouts, aux extrémités buccale et anale. Mais deux organes viennent altérer la simplicité de ce plan : la *queue* et la *nageoire*.

(1) On rencontre donc, en procédant de l'extérieur vers l'intérieur : l'épiderme, la couche gélatineuse externe, la couche musculaire et enfin la couche gélatineuse interne (fig. 1 et 2).

(2) *Untersuchungen uber Pteropoden und Heteropoden*. Leipzig, 1855.

(3) La figure 2, qui représente une vue d'ensemble de l'animal, montre les deux couches de gélatine dans toute leur étendue.

(4) Comme chez les méduses, la partie la plus volumineuse du corps est formée par cette gélatine; là s'arrêtent, du reste, les analogies.

1° *De la queue* (1). — Le corps se prolonge au delà de l'extrémité terminale du tube digestif sous forme d'un appendice caudal qui s'effile progressivement. Cette queue, munie d'un filament mobile interrompu par des nodosités pigmentées, ne présente pas la même structure que précédemment : elle est en effet formée *uniquement de matière gélatineuse:* ce n'est plus un cylindre creux dont la cavité serait entourée d'une couche musculaire, mais un tube gélatineux plein revêtu seulement par l'épiderme. Quant au tube musculaire (*hautmuskelschlauch*), il se termine au-dessus du nucléus par une sorte de cul-de-sac d'où se détachent seulement de chaque côté quatre bandes isolées qui se rendent à la surface de la queue. Ce cul-de-sac constitue donc en même temps la limite de la cavité générale (fig. 1 et 4) de l'adulte.

Dans la masse gélatineuse de cet appendice caudal, se rencontrent des corps étoilés, en assez grande abondance, dans l'épaisseur même de la queue ainsi que dans le petit lobe terminal *l* (fig. 1). Par contre, les grosses cellules arrondies signalées plus haut m'ont paru faire ici complètement défaut.

La queue ne s'insère au reste du tégument que par le haut, où sa gélatine est en continuité avec la couche gélatineuse externe de la paroi du corps; elle est de plus rattachée à la paroi musculaire par les quatre brides musculaires dont nous avons parlé. Tels sont les points principaux de la structure de cette partie. Nous y reviendrons plus tard avec plus de détails.

2° *De la nageoire* (fig. 1). — La nageoire doit être considérée comme une simple expansion ou diverticule de la paroi musculaire; elle est formée par deux feuillets musculaires, accolés l'un à l'autre, et dont les fibres présentent deux directions différentes : longitudinale et oblique; toutes se terminent vers le haut de la nageoire, dans un repli transparent formé par l'épiderme, sous forme de fines expansions représentées dans la figure 1.

A la base de la nageoire, les fibres longitudinales se réunissent en trois faisceaux distincts qui viennent s'insérer sur la paroi musculaire du corps; les deux principales de ces brides musculaires se terminent (fig. 1) d'une manière remarquable, en

(1) L'extrémité postérieure du corps, occupée par la terminaison de l'intestin, le nucléus, est coiffée par la queue comme par un véritable capuchon dont le fond représenterait la cavité palléale.

s'éparpillant en fibres isolées qui vont séparément s'insérer à la paroi.

II. — Système nerveux et organe cilié (fig. 2).

Le système nerveux des Firoles est des plus intéressants; il contient un grand nombre de centres nerveux.

Il existe en outre un organe curieux qui doit aussi évidemment être rangé dans la même catégorie, bien qu'on ne connaisse pas encore bien sa fonction, et que Gegenbaur a nommé l'organe cilié (*Wimperorgan*).

Nous commencerons par les centres, et passerons ensuite aux nerfs qui en rayonnent (1).

Centres ganglionnaires (fig. 2).

Quatre groupes ganglionnaires : 1° *ganglions cérébraux* (3 pairs), fig. 2, *gg'f;* 2° *ganglion pharyngien* (un ganglion pair *ph*); 3° *ganglion pedieux* (un ganglion pair *p*); 4° *ganglions viscéraux* (2 ganglions impairs, *vv'*).

1° *Ganglions cérébraux*. — On sait que la masse cérébrale des Firoles est composée de deux paires de renflements *gg'* réunis par une commissure, et auxquels s'ajoute, faisant suite à *g*, un troisième renflement qui donne naissance aux nerfs optique et acoustique. Gegenbaur avait cru pouvoir distinguer dans ces trois renflements un nombre de ganglions plus considérable. Les observations que nous avons faites en nous aidant des procédés actuels (carmin au borax, essence de girofle, etc.) n'ont pas confirmé cette manière de voir : on ne trouve en effet dans chacune des deux moitiés symétriques de la masse cérébrale, que trois noyaux de fibres entourées par une écorce de cellules ganglionnaires, c'est-à-dire, en tout, trois ganglions qui correspondent exactement aux renflements visibles à l'œil nu. Il faut donc considérer la masse cérébrale des Firoles comme formée de deux ganglions *gg* réunis l'un à l'autre par une très courte commissure ou plutôt soudés ensemble sur la ligne médiane; puis en dessous les ganglions *g'g'* et sur les côtés les ganglions *ff*, ceux-ci donnant naissance aux nerfs optiques et acoustiques.

(1) Cette partie du travail a été étudiée d'après un jeune échantillon de *Pt. hyppocampus* traité par l'acide osmique.

2° *Ganglion pharyngien* (fig. 2, *ph*). — En avant, à l'extrémité de la trompe, et relié par un nerf au ganglion supérieur *g*, se trouve un ganglion buccal ou pharyngien pair, placé juste à la même place que celui signalé par Gegenbaur chez l'Atlante ; ce ganglion, superposé au pharynx, se confond assez complètement avec cette masse ; il est pourtant facile à apercevoir pour peu qu'on étudie avec détail cette région. Les deux ganglions pharyngiens, parfaitement distincts l'un de l'autre, sont réunis par une commissure.

3° *Le ganglion pédieux* (fig. 1 et 2, *p*) est formé de deux ganglions réunis en une seule masse bilobée ; il est situé, comme le montre la figure 2, entre le tube digestif et la paroi du corps, du côté de l'intestin opposé à celui qu'occupe la masse cérébrale, à peu près au milieu de la longueur de l'animal, c'est-à-dire à une distance considérable du cerveau. Le collier œsophagien ne ressemble donc plus du tout ici au collier œsophagien des mollusques ; ses commissures transversales *g' p* constituent de vrais nerfs d'une très grande longueur.

4° *Les ganglions viscéraux v v'* impairs, sont situés à la place indiquée par Gegenbaur, sur le péricarde. Ils n'offrent de remarquable que leur disposition relative. Le premier *v* constitue un centre où se rendent à la fois : 1° le nerf qui établit la communication avec tout le reste du système nerveux ; 2° le nerf qui se rend au ganglion terminal *v*, et enfin, 3° un nerf aboutissant à l'organe cilié *i* dont nous parlerons plus loin d'une manière spéciale. Le second *v'* est relié au précédent comme nous venons de le dire.

NERFS (fig. 2).

1° *Système cérébro-pharyngien.* — Si on enlève la masse cérébrale pour la placer sous le microscope, on voit partir deux paires de nerfs de son extrémité antérieure *g g*, et deux autres paires de son extrémité postérieure *g' g'*.

Les deux nerfs (1) antérieurs sont tous les deux importants : l'un, externe, aboutit au *ganglion pharyngien ;* il est en général direct et n'émet qu'un petit nombre de fibrilles. Le second, destiné à la peau, est plus contourné et donne naissance à un grand

(1) Pour simplifier la description, nous décrirons les nerfs pairs tels qu'ils sont représentés dans la figure 2, c'est-à-dire vus sur un seul côté de l'animal.

nombre de fibrilles. Ces nerfs se prolongent ainsi jusqu'à l'extrémité de la trompe.

Des deux nerfs postérieurs, l'externe, très long (portant le numéro 1 sur notre figure 2), relie le cerveau (ganglion *g*) au ganglion pédieux (*p*) en passant à côté de l'intestin ; il joue, avec son congénère, le rôle de commissure latérale de l'anneau œsophagien considérablement allongé. Il ne diffère en rien des autres nerfs du corps et donne naissance à un assez grand nombre de fibres qui se rendent au tégument.

Le nerf interne, plus grêle, envoie seulement un petit rameau insignifiant au tégument du côté dorsal.

Les ganglions cérébraux latéraux (*f*) donnent aussi naissance à des nerfs importants, aux *nerfs acoustique* et *optique* et à un nerf assez gros destiné à la capsule de l'œil et qui s'en détache en avant du nerf optique.

Enfin, on distingue encore d'autres branches nerveuses qu'on ne peut guère apercevoir qu'en regardant l'animal de profil. Ce sont : un lacis assez remarquable qui relie le ganglion *g'* à la partie antérieure du grand nerf commissural, et un petit nerf qui se détache de la partie moyenne du cerveau pour se porter à la peau.

2° *Système pédieux.* — Le ganglion pédieux donne naissance à dix nerfs, dont sept pairs et trois impairs.

A. *Filets pairs.* — Le nerf n° 1 n'est autre que le nerf commissural qui va au cerveau.

Les nerfs 2, 3 et 4 sont peu intéressants, ils se composent chacun d'un tronc qui se porte vers le tégument des faces latérales : les nerfs 2 et 3 se bifurquent avant d'y arriver, le nerf 4 reste simple.

Le nerf 5 est plus remarquable. Comme les précédents, il est formé d'un tronc qui se porte vers la face latérale et se bifurque à l'extrémité, mais avant de se diviser, il donne naissance à une branche puissante qui se porte en arrière et vient, à l'aide de nombreuses fibres, innerver toute la peau de la région postérieure jusque près de l'extrémité occupée par le nucleus.

Le nerf 6 se porte directement vers l'extrémité postérieure; il croise l'intestin, et se distingue des autres par sa disposition en zigzag; il est généralement relié d'un côté, par une petite commissure, au nerf de la quatrième paire.

Enfin, le nerf de la septième paire, le plus important de tous ceux qui naissent du ganglion pédieux, se rend directement vers la partie postérieure, et forme avec le grand nerf commissural antérieur un cordon unique (interrompu seulement par le ganglion pédieux) qui parcourt le corps dans toute sa longueur; il reste simple, ne donnant naissance qu'à peu ou point de fibres, jusqu'à une faible distance du nucléus; là, il se divise en deux gros nerfs, le premier qui va aux ganglions viscéraux *v v'*, et le second qui pénètre dans la queue qu'il innerve, en donnant quelques fibrilles, pour se terminer seulement à l'extrémité de cet organe.

B. *Filets impairs* (8, 9, 10). Le premier seul mérite quelque attention, les deux autres (9 et 10) ne forment que deux filets insignifiants qui se rendent directement (fig. 2) à la paroi du corps. Le nerf 8 pénètre dans la nageoire et là se divise en trois branches dont la supérieure se ramifie dans l'organe entier. Chez la femelle, il se distribue comme l'indique la figure 2; chez le mâle il va innerver la ventouse. Les deux bandes soit disant musculaires, qui partent de la ventouse, et paraissent se perdre peu après dans les fibres musculaires de la nageoire, ne sont autres que les extrémités des deux ramifications terminales *x x'* de ce nerf.

3° *Système viscéral.* — Le ganglion *v* est relié, comme nous l'avons dit, au ganglion pédieux, par une branche détachée du nerf 7. Ce ganglion envoie en outre un rameau à l'organe cilié *i* et au ganglion *v'*.

Il nous resterait pour terminer l'étude du système nerveux périphérique, à parler des fibrilles nerveuses si étranges que l'on voit traverser toute la masse gélatineuse de la peau pour se rendre aux papilles de l'épiderme. Nous aurions voulu pouvoir étudier ces dernières avec détail (c'est un des points les plus intéressants de la structure de ces animaux), mais les notions que nous avons pu acquérir sur ce sujet ne vont pas au delà de ce qu'on connaît aujourd'hui (1).

(1) Gegenbaur. Loc. cit. Voir aussi L. Edinger, *Die Eindigung der Hautnerven be Pterotrachea*, in *Archiv für microsk. Anat.* 1877.

ORGANE CILIÉ (fig. 3).

Cet organe étrange, symétrique, de fonction absolument problématique (on sait qu'on a voulu en faire l'organe de l'olfaction), s'est montré, d'après nos coupes pratiquées transversalement, composé de deux parties, l'une *nerveuse*, *n*, en continuité directe avec le nerf provenant du ganglion viscéral *v*; l'autre de *nature épithéliale*. Les deux parties sont très nettement séparées l'une de l'autre par une ligne formée par le péricarde *p c* et par la cellule allongée *c l* dont il sera question plus loin (fig. 3). Elles sont en relation l'une avec l'autre au moyen de deux séries de filets nerveux *f n* qui partent des deux bords inférieurs de la partie nerveuse (1).

La *partie nerveuse* existe tout le long de l'organe; elle a donc non pas la forme d'un ganglion, mais celle d'une bande assez allongée, comme l'organe lui-même (fig. 2 *i*). Sur les coupes transversales, cette bande se montre (fig. 3 *n*) composée d'une portion centrale fibreuse et de cellules ganglionnaires périphériques peu nombreuses; parmi ces dernières, on en remarque surtout, à la partie supérieure, deux ou trois volumineuses.

Toute la masse nerveuse se trouve entourée d'une enveloppe spéciale *m p*, remarquable surtout dans sa partie inférieure où elle m'a paru constituée de chaque côté par une seule grosse cellule fusiforme *c l*, qui sépare la partie nerveuse de la portion épithéliale située au-dessous.

Enfin tout cet ensemble se trouve recouvert par une membrane très mince formée de cellules aplaties et qui représente, pensons-nous, la paroi du péricarde (fig. 3 *p c.*).

La *partie épithéliale* est composée de la manière suivante : latéralement un bourrelet de longues cellules cilliées (fig. 3 *c*) et plus au milieu, une masse épaisse de grosses cellules stratifiées, divisée elle-même par une échancrure *e c* en deux lobes distincts. La portion épithéliale examinée sur l'organe entier, présente donc trois épaississements, un médian à grosses cellules arrondies, irrégulièrement disposées, et deux extrêmes, à cellules rayonnantes *c* portant de longs cils. Enfin, à l'extrémité de

(1) Cette figure ne représente qu'une des moitiés de l'organe, celui-ci étant symétrique. Nous ne décrirons donc que cette moitié. Cet organe a été traité par la méthode ordinaire (carmin boracique, essence de girofle).

cette dernière bande, s'attache l'épiderme *ep* du tégument général, plus épais ici que sur les autres régions, et composé de petites cellules très tassées.

C'est au niveau de l'échancrure *ec* que se trouvent les fibres qui font communiquer les portions nerveuse et épithéliale.

III. — Région viscérale (fig. 4).

Il nous reste, pour terminer cette étude, à nous arrêter un instant à la région du corps la plus compliquée : la *région viscérale*.

Nous avons déjà vu en gros, dans la première partie, comment les différentes couches de la paroi du corps se terminaient en ce point, et comment l'appendice caudal venait s'y implanter. Il sera intéressant, croyons-nous, d'étudier d'un peu plus près la façon dont se comportent les téguments autour du nucléus et des organes qui se pressent à cette région, dans l'ensemble des groupes de Firoles.

La figure 6 montre d'une manière précise la disposition du cul-de-sac musculaire *cc* qui termine le tube musculaire de la paroi du corps (1). Ce cul-de-sac est maintenu en place par deux brides musculaires *br br'* ; derrière lui et un peu plus haut, le tube musculaire forme un tronc commun *tc*, auquel viennent s'insérer les bandes musculaires de la queue, réunies de la sorte en une seule masse avant de se continuer avec l'enveloppe musculaire générale. Enfin, ce même cul-de-sac se trouve placé au-dessus d'une poche musculaire spéciale, le péricarde, *pc*, qui contient l'oreillette *au*, le ventricule *vt*, et le rein *r*.

La distinction de ces trois parties : (1° tronc commun des bandes musculaires de la queue *tc*, 2° cul-de-sac terminal du *hautmuskelschlauch cc*, et 3° paroi musculaire du péricarde *pc*, est d'une importance capitale, si l'on veut se faire une idée exacte de cette région compliquée. Le péricarde n'est pas séparé du cul-de-sac *cc* d'une manière très nette ; sa paroi s'y trouve immédiatement accolée ; au contraire entre le tronc *tc* et le cul-de sac *cc* est creusée une fente *fm* qui délimite ces parties d'une façon absolue.

La cavité du péricarde et la cavité péri-intestinale, constituent deux cavités absolument distinctes ; la première est située, comme

(1) Cette figure, en grande partie schématique, est faite d'après des exemplaires de différentes espèces et de différentes tailles.

le montre la figure 4, dans l'épaisseur de la couche gélatineuse qui devient plus épaisse en ce point pour la recevoir. On connaît l'importance que prend en général cette cavité du péricarde dans le groupe des mollusques, où elle forme souvent la partie la plus spacieuse du système lacunaire. Chez les Firoles, on le voit, il en est bien autrement, elle n'y occupe qu'une place relativement très restreinte et c'est la lacune, située autour de l'intestin (probablement homologue à celle de tous les autres animaux) qui reprend ici son entier développement. Le nucléus, qui renferme dans son épaisseur le foie *f*, l'intestin *in* et la masse génitale *m g*, et auquel viennent s'accoler l'extrémité du cul-de-sac *c c*, ainsi que le péricarde, *se trouve en dehors du système des cavités*, mais il est maintenu en place par des fibres musculaires qui rayonnent des extrémités du cul-de-sac et du péricarde.

Après avoir parlé de la musculature, passons maintenant à la disposition des téguments, et principalement des replis formés par l'épiderme. Nous avons déjà vu que la base de la queue formait autour de la portion terminale du corps une espèce de capuchon dont la cavité correspond à la cavité palléale. Nous avons à distinguer le *fond*, *f t* et les *bords*, *lv* de cette *cavité palléale*. Nous dirons ensuite quelques mots de la masse viscérale elle-même (nucléus).

I. — Cavité palléalle (fig. 4). 1° *Bords*. — Ils sont toujours très relevés (fig. 4), ce qui fait que l'ouverture de la cavité palléale au dehors est excessivement large, et qu'une portion considérable du nucléus affleure librement au dehors. Les deux faces de l'animal présentent, sous ce rapport, un aspect différent : le côté gauche (correspondant à la gauche de l'animal) représenté dans la figure 4, où les bords *lv* (de forme plus ou moins déchiquetée) descendent relativement assez bas, correspond au maximum de développement de la cavité palléalle; sur la face opposée (côté droit), les bords sont beaucoup plus relevés, et souvent même n'existent qu'à l'état de traces, de sorte que la cavité palléale n'y est très souvent représentée que par un sillon, et que la portion terminale (anale) du corps fait tout entière saillie à l'extérieur.

2° *Fond*. — La ligne *l v* représentait le bord de la cavité palléalle. La ligne *f p* en représente le fond, vu *en coupe*, sur la ligne

médiane, et *fp'* le fond, vu sur la face latérale. La limite *fp'* nous montre exactement quelle est la portion du corps recouverte par cette espèce de manteau : on voit qu'elle comprend le nucléus, le péricarde avec les organes les plus importants : foie, masse génitale, cœur, organe cilié, ganglions viscéraux, et enfin la portion terminale du cul-de-sac *cc*.

Le fond *fp* de la cavité palléale correspond à la fente qui sépare l'un de l'autre le cul-de-sac *cc* et le tronc commun *tc* des bandes musculaires de la queue (fig. 4). Parmi les trois racines qui se détachent de ce tronc commun pour donner naissance aux bandes musculaires b^1 b^2 b^3 b^4, il en est une, l'inférieure, qui sert d'origine commune à b^3 et b^4; elle se distingue des autres par son épaisseur beaucoup plus forte, et sert ordinairement de bordure à l'extrémité postérieure de la lèvre *lv*.

Nous avons vu que le cul-de-sac *cc* est maintenu en place par deux brides musculaires *br br'*. La première de ces brides n'a rien de remarquable et se soude simplement au *hautmuskelschlauch*. La seconde *br'* se porte directement vers le haut, contourne le fond de la cavité palléale, et va rejoindre celle du côté opposé de façon à former comme une ceinture; de plus, la racine commune des bandes b^3 et b^4 envoie également des fibres vers cette ceinture, dont l'origine est par conséquent double et provient en même temps des fibres du cul-de-sac *cc* et de la grosse racine. Ainsi est assurée d'un manière indissoluble l'adhérence de la queue avec le reste du corps.

II. — Masse viscérale (nucléus). — Gegenbaur a décrit avec soin la disposition des principaux organes de la masse viscérale. Notre intention n'est pas de reprendre cette étude; nous avons seulement voulu insister sur les connexions existant entre les différentes parties qui entourent ces organes, sur la charpente de cette partie embrouillée. Avant de terminer notre travail, nous dirons cependant quelques mots au sujet de deux points spéciaux qui nous semblent présenter quelque intérêt :

1° Les *branchies* situées sur la portion du corps qui fait saillie au dehors de l'ouverture du manteau, sont composées de treize houppes qui vont en décroissant du milieu aux extrémités ; elles constituent dans leur ensemble un demi-cercle *placé tout autour de l'organe cilié*. La partie la plus considérable de l'appareil bran-

chial est située sur la portion du corps qui affleure le plus en dehors, sur la face où le manteau est le moins développé. Sur cette face, il est dirigé d'avant en arrière et se compose de huit houppes, tandis que sur la face opposée (fig. 6), il n'y a que six houppes disposées en sens inverse et d'arrière en avant.

2° Le tube digestif possède la même structure que dans tout le reste du groupe de mollusques, mais sa portion œsophagienne est extraordinairement développée ; elle occupe toute la longueur du corps ; par contre, l'intestin et le foie sont très réduits, ils se réunissent en une petite masse dont fait également partie la masse génitale, pour donner naissance au *nucléus* situé sous le cul-de-sac *cc*.

La portion initiale du tube digestif se compose d'un vestibule (pharynx) dans lequel débouchent l'œsophage et deux glandes salivaires analogues à celles de l'atlante. Dans ce vestibule débouche également l'appareil masticateur avec ses muscles ; on y trouve aussi une masse de soutien cartilagineuse destinée à servir de point d'appui à ceux-ci. La figure 1 représente tout cela en vue d'ensemble.

IV. — Description d'un type aberrant d'hétéropode (fig. 5).

Nous avons eu l'occasion d'étudier un échantillon d'hétéropode qui s'écarte des types connus par plusieurs particularités intéressantes (1). Nous le décrirons dans ses traits essentiels, et nous donnerons ensuite les réflexions qu'il nous suggère.

Tué par l'acide osmique, l'animal a été coloré au carmin au borax, et éclairci à l'essence de girofle. De dimensions très réduites (7 millimètres de long), il présente tous les caractères distinctifs des hétéropodes, mais ce qui frappe immédiatement, c'est la disproportion, le défaut d'harmonie de ces différentes parties comparées aux mêmes régions chez les Firoles et les Carinaires (voir fig. 5). Le corps, grossièment cylindrique, gélatineux et transparent, se termine en avant par une trompe très allongée ; la nageoire, située à sa place ordinaire, à la partie ventrale, est bien développée et rappelle assez exactement, par sa forme dis-

(1) Nous devons cet échantillon à l'obligeance de M. Bolles Lee et de M. le Dr J. Barrois, qui l'ont recueilli après notre départ de Villefranche et ont bien voulu nous en faire hommage.

symétrique et sa ventouse déjetée vers la partie postérieure (1), la nageoire des Carinaires.

Immédiatement en arrière de la nageoire, le corps s'élargit et se bifurque en quelque sorte en deux troncs distincts : l'un, pédonculé, plutôt dorsal, supporte le nucléus et les branchies avec le repli du manteau et la cavité palléale, l'autre suit l'axe du corps et s'effile pour former la queue. (Cette dernière partie a été tordue et déformée par les réactifs, comme l'indique notre dessin.)

Cette extrémité caudale se termine, après un très court trajet, par une expansion bilobée, formée de deux ailes membraniformes pigmentées sur une partie de leur bords et parcourues, sur toute leur surface, par des cellules fusiformes, probablement de nature musculaire car elles sont en continuité avec les derniers faisceaux de la tunique musculaire qui, comme nous l'avons vu pour les Firoles, entoure toute la cavité générale. A l'extrémité libre de l'expansion foliacée que nous venons de décrire, et entre ses deux lobes, se trouve un lobule rudimentaire.

Cette disposition n'est pas sans analogie avec la conformation de la queue des Carinaires. Seulement, contrairement à ce qui se passe chez ces dernières, les deux appendices latéraux ou ailes ont conservé ici un grand développement, tandis que l'extrémité effilée n'est plus représentée que par un lobule atrophié.

Pour terminer cette description générale de l'animal, mentionnons sur tout le tégument, la présence d'une série d'aspérités pigmentées, représentées dans la figure 5, en arrière de la trompe.

Le *système nerveux*, bien développé, présente la même organisation essentielle que chez les hétéropes en général. On y retrouve des ganglions cérébraux, pédieux, pharyngiens, et deux ganglions viscéraux, placés au fond de la cavité palléale, entre le foie et l'extrémité du rein. L'appareil cilié est représenté ici par une bande rubannée qui contourne, dans une grande partie de sa circonférence, l'entrée de la cavité palléale, en s'adossant à l'un des deux lobes ou replis du manteau (repli gauche) (voir

(1) Nous décrivons toujours l'animal supposé dans sa position normale *b c d* couché sur le dos, la trompe représentant l'extrémité antérieure, la queue, l'extrémité postérieure.

fig. 5). Il paraît, mais nous n'oserions l'affirmer, être relié aux ganglions viscéraux.

Les *systèmes digestif*, *excréteur*, *respiratoire* et *circulatoire* sont surtout intéressants à étudier dans la *région du nucléus* où ils forment un amas assez complexe. Nous donnerons donc une description un peu détaillée de cette région.

Nous avons vu qu'à la partie postérieure de l'animal, le corps se prolonge en un pédoncule dorsal qui se termine par le nucléus. Comment cette disposition est-elle réalisée ? Le pédoncule ou collet court, élargi, dont nous venons de parler, ne tarde pas à se replier sur toute sa circonférence, de manière à circonscrire de toutes parts une véritable cavité palléale, possédant un fond et une ouverture circulaire, puis le tégument s'arrondit en une sorte de sac qui n'est autre que le *nucléus* proprement dit ou masse viscérale (voir le schéma ci-contre et la fig. 5). On le voit,

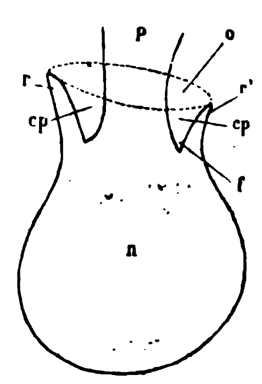


Schéma de la région du nucléus (coupe transversale).
p. Pédoncule et collet.
r r'. Replis du manteau.
o. Ouverture de la cavité palléale.
f. Fond de la cavité palléale.
n. Nucléus ou masse viscérale.

on retrouve ici la même disposition essentielle du manteau et de la cavité palléale que chez Mollusques en général.

Il est à remarquer que, chez le type que nous étudions, le repli circulaire du manteau n'a pas partout la même hauteur; ainsi sur notre dessin (pl. 5), le rebord gauche du manteau (*r*) est plus prononcé que le rebord droit (*r'*). C'est au niveau de ce dernier qui vient déboucher l'anus; quant au repli gauche (*r*) il

donne insertion aux branchies, et c'est sur son trajet que vient s'adosser l'organe cilié (i).

Vue de l'intérieur, la région du nucléus permet de distinguer par transparence deux parties d'aspect bien différent : 1° une portion brunâtre, opaque, occupant à elle seule presque tout le nucléus, et 2° une portion claire, située près de l'ouverture de la cavité palléale et vers la région dorsale de l'animal ; on y voit le *rectum*, le *rein* et le *cœur*. Si nous suivons le tube intestinal à partir de l'anus, nous le voyons se diriger à peu près en ligne droite, vers le rebord opposé du nucléus, puis disparaître sur l'autre face (face gauche) pour décrire une série de circonvolutions (dont l'une est figurée sur la pl. 5) et, enfin, rejoindre l'œsophage à l'entrée de ce dernier dans le nucléus.

Il n'est pas inutile, pour se rendre compte de la disposition réciproque des organes de cette région compliquée, d'y pratiquer des coupes transversales, c'est-à-dire perpendiculaires au grand axe du nucléus, en procédant, par exemple, depuis l'extrémité effilée ou inférieure de celui-ci, jusqu'à son extrémité bombée ou supérieure. Les premières tranches emportent, accolés de la droite vers la gauche, la terminaison de l'intestin, le rein et le cœur. Ces mêmes coupes comprennent déjà, ainsi que toutes les suivantes, les deux replis de la cavité palléale, dont l'un, celui de gauche, montre très distinctement la section de l'organe cilié, formé en grande partie par un épaississement du feuillet interne de ce repli. Bientôt, le cœur cesse d'être visible ; en revanche, on peut voir jusqu'à deux sections de l'intestin sur la même coupe, ce qui s'explique par les circonvolutions qu'il décrit, et entre ces deux sections, le foie commence à apparaître sous une forme lobulée, brunâtre.

Entre le foie et l'intestin d'une part, et le fond de la cavité palléale d'autre part, on rencontre le rein, qui occupe là une assez grande étendue.

Les deux *ganglions viscéraux* se montrent au moment où l'on n'aperçoit plus que les derniers vestiges du rein et de l'organe cilié ; ils sont placés tout contre le fond de la cavité palléale, qu'ils soulèvent même.

Le foie prend un développement de plus en plus considérable, et, à partir de l'endroit où l'œsophage pénètre dans le nucléus, on ne rencontre plus sur les coupes que les circonvolutions et

les tours de spire que décrit l'organe hépatique : c'est en réalité, lui, qui forme la majeure partie de la masse du nucléus.

Chose remarquable, *nulle part nous n'avons trouvé de trace d'appareil générateur*.

Le nucléus n'est pas renfermé dans une coquille.

Classification. — On sait, depuis Cuvier et de Blainville, que les Hétéropodes ne doivent pas être considérés comme formant un groupe à part, ainsi que le voulait Lamarck, entre les céphalopodes et les poissons, mais qu'ils sont en réalité des gastéropodes, dont ils reproduisent l'organisation dans ses traits essentiels. Ce sont des *gastéropodes organisés pour la natation* (pied transformé en nageoire) (1). Chez tous, le tégument forme, en un point donné, un repli (*manteau*), circonscrivant une *cavité palléale*, et rattaché au reste du corps par un *pied*. Seulement, il n'est pas difficile de constater, comme le font remarquer les auteurs, que les trois familles d'Hétéropodes (Atlantes, Carinaires, Firoles) s'éloignent du type parfait des gastéropodes par une transition presque insensible. Ainsi les *Atlantes* ont une coquille bien développée, abritant tout l'animal. Chez les *Carinaires*, la coquille existe encore, mais rudimentaire, ne recouvrant qu'une portion très limitée de l'animal, la région du nucléus ou région viscérale ; en même temps les autres régions (tête, corps, queue) ont acquis un développement extraordinaire. Chez les *Firoles*, même extension de ces parties, mais absence complète de coquille et dispositions anatomiques spéciales de la région viscérale, qui s'écartent, plus encore que chez les carinaires, de la conformation de cette région chez les mollusques en général.

Ces notions étant acquises, il nous paraît que le type d'hétéropode que nous venons de décrire doit être rangé parmi les *Carinaires*, et cela pour les raisons suivantes : 1° si, comme chez les Firoles et les Carinaires, la masse viscérale a éprouvé ici une très grande réduction, elle ne s'éloigne cependant pas autant que chez les Firoles de l'organisation qui distingue les mollusques ; nous ne retrouvons pas ici les dispositions compliquées de la région viscérale des Firoles (voir la première partie de ce travail) ; au contraire, la situation du nucléus, la topographie des organes (foie, intestin, cœur, péricarde, branchies) et la forme

(1) Voir Eydoux et Souleyet, *Voyage autour du monde*, etc.

du manteau et de la cavité palléale présentent les plus grandes analogies avec l'organisation des Carinaires. Il est vrai que la coquille, constante chez les Carinaires, fait ici défaut; mais il est possible, chez un sujet aussi délicat, qu'elle se soit détachée avant que nous pussions l'examiner; et puis, pour peu qu'il s'agisse ici d'une forme jeune, larvaire, quoi d'étonnant à ce qu'une différenciation cuticulaire n'ait pas encore pu se produire? Ajoutons que le nucléus est *pédonculé*, caractère que l'on s'accorde à attribuer spécialement aux Carinaires (Gegenb., Eyd. et Soul., Rattray, etc.).

2° La tête de l'animal porte des *tentacules*, comme chez les Carinaires, et son corps est couvert de taches pigmentaires en *papilles*, telles qu'on en rencontre chez ces dernières.

3° L'*extrémité caudale* ne porte pas de filaments, et n'a pas non plus la forme générale de la queue des Firoles, mais plutôt celle de la queue des Carinaires. Comme chez les Carinaires, elle se compose, nous l'avons vu, d'une pointe terminale et de deux expansions ou ailes latérales; seulement, nons l'avons vu, tandis que chez les Carinaires, ces deux ailes sont tout à fait rudimentaires, ici ce sont elles qui ont pris le plus grand développement, la lame médiane n'étant au contraire représentée que par un petit lobule (voir fig. 5).

4° La *radula* qui, on le sait, joue un rôle important dans la classification des mollusques, s'écarte visiblement de la radula des Firoles, telle du moins que Gegenbaur la figure (1). Au contraire elle est très analogue à la radula des Carinaires (voir la figure qu'en donnent Eydoux et Souleyet) (2). Comme chez les Carinaires, la pièce médiane, identique comme forme à celle de ces Hétéropodes, porte trois dents, dont la médiane est la plus longue (fig 6); seulement ici les dents sont droites, tandis que chez les Carinaires adultes, elles sont, au moins les deux latérales, légèrement incurvées.

5° La *nageoire* est dyssimétrique, à ventouse rejetée en arrière, comme chez les Carinaires.

Nous avons donc affaire, croyons-nous, à un Hétérope du groupe des Carinaria (3). En outre, la disproportion relative des diffé-

(1) Gegenbaur. Loc. cit. Fig. reprod. dans le *Traité de Zoologie* de Claus.

(2) Eyd. et Souleyet. Loc. cit.

(3) Nous ne croyons pas devoir nous occuper ici des sous-groupes peu importants:

rentes parties de l'animal, sa forme générale, l'absence d'organes génitaux et de coquille (?), la conformation particulière et comme ébauchée de la région caudale, tout cela nous permet de supposer qu'il s'agit d'une Carinaire à l'état jeune, larvaire.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XII.

Fig. 1. — Animal entier (F. Frederici) montrant une vue d'ensemble des téguments. Grossissement : 4.

p. On voit en *p* le ganglion pédieux, placé entre le tube digestif et la paroi musculaire.

l. Lobule terminal de la queue.

Fig. 2. — Animal entier, montrant une vue d'ensemble du système nerveux.

gg'. Les deux ganglions, antérieur et postérieur, du cerveau.

f. Ganglion cérébral latéral.

ph. Ganglion buccal ou pharyngien.

p. Ganglion pédieux.

1 à 7. Les sept nerfs pairs qui se détachent du ganglion pédieux.

8, 9, 10. Les trois nerfs impairs.

rr. Les deux branches terminales du nerf 8 qui, chez le mâle, innervent la ventouse.

vv'. Ganglions viscéraux; *v*, l'antérieur; *v'*, le postérieur.

i. L'organe cilié.

Fig. 3. — Coupe transversale à travers l'organe cilié (une moitié seulement a été représentée).

ep. Épiderme.

pc. Paroi du péricarde.

mp. Enveloppe propre de la portion nerveuse de l'organe cilié.

fn. Fibres nerveuses intermédiaires entre les deux portions (nerveuse et épithéliale) de l'organe cilié.

c. Bourrelet de cellules ciliées (portion épithéliale).

ec. Échancrure divisant la masse de grosses cellules stratifiées, en deux lobes distincts.

cl. Cellule fusiforme séparant la portion nerveuse de la portion épithéliale.

n. Partie centrale, composée de fibres, de la masse nerveuse de l'organe cilié.

Fig. 4. — Vue détaillée de la portion viscérale, pour montrer la disposition des différents feuillets musculaires et du tégument.

br, *br'*. Bandes musculaires reliant le cul-de-sac *cc* du *hautmuskelschlauch*, aux parties voisines.

tc. Tronc commun formé par la soudure des bandes musculaires de la queue allant se réunir à l'enveloppe musculaire générale.

firoloïdes et *carinaroïdes*, qui du reste, ne ressemblent en rien à l'échantillon que nous décrivons ici.

*b*¹, *b*², *b*³, *b*⁴. Les bandes musculaires de la queue.

fm. Fente séparant le tronc commun *tc* du cul-de-sac *cc*.

fp, *fp'*. Le fond de la cavité palléale : *fp*, vu en coupe sur la partie médiane; *fp'*, sa continuation sur toute la face latérale.

lv. Bord du manteau ou lèvre de la cavité palléale.

cp. Cavité palléale.

pc. Péricarde.

au. Oreillette.

vt. Ventricule.

r. Rein.

mg. Région du nucléus correspondant à la masse génitale.

in. Région de l'intestin.

l. Région du foie.

i. Organe cilié.

Fig. 5. — Hétéropode (forme jeune trouvée à Villefranche). Vue de l'animal entier. Grossi 20 fois.

Région du nucléus :

n. Nucléus.

rr'. Repli du manteau.

o. Ouverture de la cavité palléale.

r. Rein.

b. Branchies.

i. Organe cilié.

v. Ganglions viscéraux.

in. Terminaison de l'intestin et anus.

l. Lobule terminal de la queue.

Fig. 6. — Dent de la Radula du même animal (pièce médiane).

Fig. 7. — Coupe transversale du nucléus suivant la ligne *dd* (au-dessus du foie). Cette coupe rencontre le nucléus dans sa partie inférieure et effleure seulement le corps; à gauche de l'épithélium de la cavité palléale, on voit l'organe vibratile, et à l'intérieur du nucléus le cœur, le rein et l'intestin. — *v*, organe vibratile; *cœ*, cœur; *r*, rein; *in*, intestin. Grossissement : 40.

Fig. 8. — Coupe suivant la ligne *cc*. La disposition des organes internes est la même que précédemment, mais le cœur a disparu, et le foie est venu se placer entre les deux divisions de l'intestin. — *a*, anus; *f*, foie; *i*, portion de l'intestin coupée transversalement.

Fig. 9. — Coupe au niveau de la ligne *bb*. Ici le corps est intéressé dans la coupe dans toute son étendue. A la partie supérieure du nucléus, se voient l'extrémité du rein, la terminaison renflée de l'organe vibratile, et enfin les deux ganglions viscéraux 1 et 2.

Fig. 10. — Coupe au niveau de *aa*, intéressant l'œsophage et la partie de l'intestin qui le suit immédiatement, jusqu'à la rencontre de la coupe transversale *i* de l'intestin; à droite, se voient la partie principale du foie et le premier tour de spire *f'*.

SUR LA

MORPHOLOGIE DES ÉPITHÉLIUMS

ESPACES ET PONTS INTERCELLULAIRES. — MEMBRANE ÉPITHÉLIALE DE DESCEMET

Par A. PRENANT

Chef des Travaux histologiques à la Faculté de médecine de Nancy,
Licencié ès sciences naturelles.

(PLANCHE XIII.)

On a longtemps pensé qu'un des caractères les plus saillants des tissus épithéliaux était leur parfaite continuité. Cependant, dans ces derniers temps, l'histologie animale a fourni des exemples nombreux du contraire. Et tandis qu'autrefois on regardait les cellules épithéliales comme séparées et réunies tout à la fois par un mince ciment intercellulaire, et formant de la sorte un pavé réputé ininterrompu, on admet aujourd'hui qu'entre certaines cellules épithéliales tout au moins peuvent apparaître de larges espaces (espaces intercellulaires), coupés ou non par des ponts anastomotiques (ponts intercellulaires) qui à travers ces espaces unissent les cellules. Pour certains épithéliums, le corps muqueux de Malpighi, par exemple, on s'est en France généralement accordé, à la suite de la description qu'en a donnée M. Ranvier, à reconnaître comme réelle une pareille disposition. Mais elle est niée en d'autres points; et, de plus, les auteurs mêmes qui l'admettent ne sont pas d'accord sur le mécanisme de la formation de ces espaces et ponts intercellulaires; par suite les opinions divergent quant à leur valeur.

J'ai examiné à cet égard deux épithéliums :

1° L'épithélium qui recouvre la membrane de Descemet;

2° L'épithélium qui tapisse, sous le nom de Tegmentum vasculosum, la rampe moyenne du limaçon de l'oiseau. Cet épithélium de l'oiseau a pour homologue et sans doute aussi pour analogue physiologique celui qui dans le limaçon des Mammifères revêt la région dite strie vasculaire.

Ces épithéliums, au point de vue général de la constitution

des tissus épithéliaux, méritent l'examen; car ils offrent la disposition ci-dessus mentionnée, et on pourrait étudier sur eux les conséquences qu'une pareille disposition entraîne avec elle.

Ils ont de plus un intérêt spécial. L'épithélium de Descemet ou épithélium postérieur de la cornée fait partie du revêtement épithélial qui limite de toutes parts la chambre antérieure de l'œil. Or la chambre antérieure a été depuis longtemps déjà regardée par Schwalbe, dans un travail classique sur les voies lymphatico-sanguines de l'œil, comme un lac lymphatique, confluent du groupe antérieur des lymphatiques oculaires. A ce niveau donc peuvent et doivent se faire des phénomènes d'exhalation et de résorption lymphatiques. Quelle que soit d'ailleurs l'idée qu'on veuille se faire de la chambre antérieure et de l'humeur aqueuse qui la remplit, il est toujours intéressant d'étudier la paroi d'une cavité dont le contenu vidé se renouvelle aussi aisément que le fait l'humeur aqueuse, de voir si cette paroi, dont l'épithélium de Descemet constitue une bonne part, est passive ou active dans ces phénomènes, d'examiner enfin si l'épithélium postérieur de la cornée laisse passer les liquides dans le tissu conjonctif de cette membrane, ou s'il est impénétrable. Cependant je n'ai pas eu la prétention d'élucider complètement toutes ces questions importantes, et d'arriver à un résultat que n'ont pu atteindre parfaitement de très nombreux et très remarquables travaux. La portée de ces recherches sur l'épithélium de Descemet est moindre; j'ai pensé que la conformation de l'épithélium, à travers lequel tous ces intéressants phénomènes se passent, ayant des conséquences physiologiques certaines, méritait d'être étudiée une fois encore.

Le tegmentum vasculosum offre un intérêt analogue. Vu de face et de l'intérieur de la rampe moyenne, il montre avant tout et à un faible grossissement des arborisations vasculaires, le long desquelles et par dessus lesquelles règnent des traînées d'un tissu épithélial tout à fait particulier. Dans la strie vasculaire du limaçon des mammifères qui est, ainsi que je l'ai dit plus haut, l'homologue du tegmentum vasculosum du limaçon d'oiseau, la disposition est pareille; cette région vue de face montre encore des ramifications capillaires que revêt un épithélium spécial. C'est au niveau de ces deux régions, le tegmentum vasculosum chez l'oiseau, la strie vasculaire chez le mammifère, régions

riches toutes deux en vaisseaux très superficiels, et pourvues toutes deux d'un épithélium particulier, que l'on a placé le siège de l'exhalation de l'endolymphe. Ici encore on comprendra quelles conséquences physiologiques peut avoir l'observation histologique de ces épithéliums.

J'ai l'intention d'étudier plus tard le tegmentum vasculosum et son homologue, la strie vasculaire; j'ai fait déjà d'ailleurs quelques observations à cet égard.

J'ai l'idée en outre de rassembler les principaux exemples de ponts et espaces intercellulaires qui sont aujourd'hui connus, de réunir ces faits dans un aperçu historique; et joignant ensuite le résultat des observations qui ont été faites sur la membrane épithéliale de Descemet d'une part, sur le tegmentum vasculosum et la strie vasculaire de l'autre, j'espère pouvoir présenter les ponts et espaces intercellulaires d'après un point de vue assez général, pour que des données sur la morphologie générale des épithéliums et des conséquences physiologiques découlent des faits encore épars qui sont cependant acquis sur cette question.

Ainsi, l'étude de l'épithélium de Descemet qui fait l'objet du présent travail, ne sera, je l'espère, que la première partie d'un mémoire plus étendu.

Épithélium de la membrane de Descemet.

On sait depuis Klebs (1) que les cellules de l'épithélium postérieur de la cornée sont, chez la grenouille, des éléments plats invisibles à l'état frais, dont le contour délimité par le nitrate d'argent se montre polygonal, et qui peuvent prendre des formes remarquables lorsqu'elles ont été excitées d'une certaine façon (par exemple, par l'abrasion d'une partie de l'épithélium antérieur, ou par une légère cautérisation de la surface extérieure de la cornée avec la pierre infernale). Chaque cellule, formée d'une région centrale contenant le noyau qui fait saillie dans la chambre antérieure de l'œil, et d'une zone périférique très mince, se montre alors, dit Klebs, entourée d'une couche fréquemment interrompue. Dans cette couche protoplasmique se présentent en effet des espaces arrondis, qui s'agrandissent aux dépens de la substance même de cette couche, qui se fondent les

(1) Klebs. (Medic. Centrarblatt, 1864.)

uns dans les autres, et qui restent enfin séparés par de fins et nombreux filaments de substance cellulaire; ces filaments paraissent unir les granulations du protoplasma. C'est à un changement de forme spontané, à une véritable contraction cellulaire, que Klebs attribue les aspects qu'il a observés.

Plus tard, Stricker et Norris (1) constatèrent la formation d'espaces intercellulaires et de filaments cellulaires d'union traversant ces espaces; ils mirent, comme Klebs, ces faits sur le compte de la contractilité cellulaire. En même temps Stricker et Norris disaient avoir vu, parmi les cellules épithéliales, çà et là, quelques éléments d'aspect tout particulier.

Ciaccio (2), Swaen (3) et plus tard M. Ranvier (4) ont constaté que, lorsqu'on traite par une solution faible de nitrate d'argent l'épithélium postérieur de la cornée, de manière à irriter les cellules avant de les faire mourir, on obtient des cellules rétractées ayant subi l'imprégnation positive par leurs portions protoplasmiques, tandis que leurs noyaux de forme souvent bizarre sont ménagés en blanc par le réactif. Quant au contraire les éléments ont été bien fixés et tués immédiatement, leurs seuls contours sont imprégnés d'argent.

Pour Ciaccio, entre les cellules épithéliales se trouvent des pores par lesquels la chambre antérieure communiquerait avec l'intérieur même du tissu cornéen, à travers la membrane de Descemet également perforée. D'ailleurs ces pores ne seraient pas produits entre les cellules par le fait d'une contraction véritable; car cette contraction, Ciaccio n'a jamais pu l'observer; la contractilité même des éléments de l'épithélium cornéen postérieur est niée par lui (5).

La même année, Knies (6) décrit entre les cellules des espaces stomatiques. Il opère par injection de ferrocyanure de potassium dans la chambre antérieure, réalise la réaction du bleu de

(1) Stricker et Norris. — (Sitz. der K. Akad. der Wiss. de Vienne, Bd. 52.)

(2) Ciaccio. — Osservationi intorno alla membrana del Descemet e al suo endotelio, etc. Bologna, 1875.

(3) Swaen. — Des éléments cellulaires et des canaux plasmatiques dans la cornée de la grenouille. Bruxelles, 1876.

(4) Ranvier. — Leçons d'anatomie générale, la Cornée. 1881.

(5) Le mémoire de Ciaccio ne m'est connu que par l'analyse qu'en donne M. Ranvier.

(6) Knies. — Ueber die Resorption von Blut in der Vorderen Augenkammer. Archives de Virchow. Bd. 62. 1875.

Prusse, et arrive à cette conclusion que dans les phénomènes qui se passent du côté de la chambre antérieure, l'épithélium postérieur de la cornée se comporte comme un filtre régulateur.

Waldeyer, déjà en 1874, avait vu des stomates dans l'épithélium postérieur; il avait également reconnu des espaces intercellulaires dans l'épaisseur de l'épithélium cornéen antérieur; il se prononce en faveur de l'existence réelle de ces derniers; mais pour ceux de l'épithélium postérieur, il ne sait s'ils sont une disposition naturelle (1).

Brugsch (2) a fait paraître en 1877 un mémoire dont les résultats qui nous intéressent sont les suivants. Ayant injecté de l'encre de Chine dans la chambre antérieure, il constate que la surface postérieure de la cornée est recouverte de pigment qui se dépose en partie dans les cellules endothéliales elles-mêmes; il est autorisé à regarder comme longue d'environ et d'au moins huit semaines la durée de ces éléments endothéliaux; car au bout de ce temps, on retrouve encore des cellules richement pourvues du pigment que l'on a injecté huit semaines auparavant. Il représente d'ailleurs (fig. 2) des cellules endothéliales de la membrane de Descemet infiltrées en partie de granules d'encre de Chine. En une autre figure (fig. 3) on voit les cellules endothéliales ayant un aspect étoilé; autour du noyau, le protoplasma cellulaire renferme de nombreux grains d'encre; il en existe aussi dans les prolongements protoplasmiques par lesquels les cellules s'anastomosent; les espaces intercellulaires en sont dépourvus.

Bien que le travail de Leber (3) ait en vue principalement l'épithélium cornéen antérieur, cet auteur dit cependant quelques mots sur l'épithélium postérieur. « Les limites des cellules de l'épithélium de Descemet, dit Leber, montrent des aspects très variables, suivant des influences très variées qui ne sont pas encore parfaitement connues. Tantôt les cellules paraissent immédiatement juxtaposées; tantôt au contraire elles se montrent fortement contractées, étoilées; les rayons des cellules voisines

(1) Waldeyer. — Cornea, in Graefe et Saemisch. 1874.

(2) Brugsch. — Ueber die Resorption körnigen Farbstoffs aus der Vorderen Augenkammer (Arch. für Ophthalmologie). 1877.

(3) Leber. — Ueber die intercellularen Lücken des Vorderen Hornhaut-Epithels in normalen und pathologischen Zustande. Arch. fur Ophthalmologie. 1878.

se rencontrent mutuellement et paraissent se confondre. Il reste de la sorte entre les cellules des espaces arrondis et ovales, séparés les uns des autres par les prolongements des cellules. Ces prolongements correspondent évidemment aux piquants, et les espaces aux lacunes que présentent les épithéliums plats. Bien que les préparations soient claires et transparentes, à cause que la couche cellulaire est simple, et que les éléments en sont minces, je n'ai pu voir si les prolongements de deux cellules évidemment confondus s'unissent par leurs extrémités, ou bien s'ils se juxtaposent par leurs faces latérales. » Le travail de Leber renferme d'ailleurs des remarques très intéressantes sur cette question générale des ponts et espaces intercellulaires dans les épithéliums.

M. Ranvier (1), en 1881, et déjà auparavant (comme il le dit dans son livre sur la cornée), a employé certains réactifs, entre autres le nitrate d'argent, avec lequel il contrôle les résultats fournis par Ciaccio et Swaen ; il a constaté qu'après l'action de l'alcool au 1/3 les cellules paraissent comme de petits lambeaux frangés cousus les uns aux autres; il explique ces aspects par la rétraction cellulaire que le réactif a produite, et nie que la contractilité cellulaire soit pour quelque chose dans leur production. Pour M. Ranvier donc, les ponts et les espaces intercellulaires n'auraient pas la valeur d'une disposition réelle.

En 1881 également, a paru le mémoire de Preiss (2). Si l'on applique, dit cet histologiste, sur une cornée fraîche dont on ne voit pas alors l'épithélium postérieur, une solution de sel de cuisine, on voit les cellules apparaître, puis s'écarter les unes des autres en restant unies cependant par des anastomoses intercellulaires entre lesquelles des espaces stomatiques intercellulaires se trouvent par là même constitués. Puis, au bout de quelques secondes, les cellules se juxtaposent, et bientôt on ne voit de nouveau plus rien. Si l'on se sert d'une solution de nitrate d'argent à $\frac{0,25}{100}$, on arrive au même résultat. Avec l'eau pure la répétition de l'expérience se fait moins facilement. Dans tous ces cas, le fait important est que les cellules, que l'addition du réactif a rétractées, ont pu revenir à leur forme première au bout de peu de temps; c'est leur élasticité, ou bien même leur contractilité qui seule a été mise en jeu; le réactif n'a fait qu'exci-

(1) Ranvier, loc. cit.
(2) Preiss. (Archives de Virchew, 1884.)

ter les cellules à la contraction, mais ne les a pas tuées; leur mort ne se produit qu'au bout d'un certain temps; et pour qu'elle se fasse, plusieurs excitations successives sont nécessaires. Une solution de nitrate d'argent à $\frac{1}{100}$ tue les cellules immédiatement en faisant apparaître leurs contours. A côté de ces expériences, Preiss a surtout étudié l'épithélium de Descemet et ses espaces intercellulaires, en se servant de l'action du perchlorure de fer sur le ferrocyanure de potassium, en colorant par le bleu de Prusse en un mot. Dans ces conditions, il voit, tout autour des cellules, une couronne de lacunes ou stomates limités par des ponts intercellulaires et profondément situés; en relevant l'objectif ce sont les contours réguliers des cellules que l'on observe. Les stomates, produits d'abord dans la profondeur par l'écartement des bords cellulaires, arrivent jusqu'à la surface, lorsque l'action est très avancée. En somme, Preiss admet que les stomates intercellulaires et les ponts d'anastomose sont le résultat d'une action vitale. Un grand nombre d'observations intéressantes sont consignées dans le travail de Preiss; j'aurai occasion d'y revenir dans le cours de cette description.

Les cellules de la membrane de Descemet ne peuvent être bien vues à l'état frais; chez la grenouille elles sont même absolument invisibles; c'est ce que Klebs, Preis ont constaté. Klebs, cependant, et Stricker et Norris, en accordant aux éléments épithéliaux de Descemet la faculté de se mouvoir à la façon des amibes, font penser qu'ils ont vu et bien vu les cellules fraîches. D'autre part, Ciaccio, dans l'ouvrage cité plus haut, M. Ranvier dans ses leçons d'anatomie générale, semblent dire qu'ils ont vu l'épithélium frais, puisqu'ils n'ont pu lui reconnaître de mouvements amiboïdes.

En tout cas, on ne peut voir suffisamment pour faire, à l'état frais, c'est-à-dire la membrane étant plongée dans l'humeur aqueuse, une observation complète. Et dès l'instant que l'on distingue quelque chose, on peut toujours craindre que l'on ne soit en présence d'un épithélium déformé par une influence extérieure. Ce que M. Ranvier et d'autres histologistes nous ont appris sur les différences d'aspect que l'on observe entre la cornée absolument fraîche et la cornée examinée dans l'eau, par exemple, justifie amplement de pareilles craintes.

Il nous faut donc renoncer à un examen fait à l'état frais, et

nous contenter de l'observation de cellules mortes. Quels seront les réactifs à employer? Tout d'abord on songe à l'acide osmique, réactif en lequel on peut avoir actuellement le plus de confiance, et qui, à la dose de un pour cent d'eau, fixe immédiatement, dit-on, les éléments anatomiques; l'agonie de ces éléments est alors si courte qu'ils n'ont pas le temps de se déformer. Néanmoins, j'ai fait usage, dans la pensée d'une comparaison, d'autres réactifs tels que le nitrate d'argent solide et liquide, et celui-ci à $\frac{1}{100}$ et à $\frac{0.25}{100}$, la liqueur de Müller, l'alcool au 1/3, le perchlorure de fer, le ferrocyanure de potassium et le perchlorure de fer, l'acide nitrique à $\frac{3}{100}$, la liqueur de Lang.

De ces essais, il résulte que l'épithélium de Descemet constitue une véritable pierre de touche sur laquelle on peut essayer les réactifs. On peut, en les expérimentant sur cette membrane, acquérir des données précieuses sur leur valeur relative, bien qu'il ne soit jamais permis de conclure du particulier au général, et que l'on doive se souvenir toujours qu'un réactif tel que l'alcool au 1/3, qui fixerait mal les éléments de l'épithélium postérieur de la cornée, pourrait être, appliqué à d'autres cellules, un fixateur excellent.

Mais il ne suffit pas d'avoir un bon réactif; il faut en déterminer le mode d'application.

Si l'on se sert d'yeux qui ne sont pas absolument frais, et qui ont été énucléés depuis quelque temps déjà, il faut s'attendre à trouver des aspects qui ne représentent pas la réalité. Toutefois, il résulte des expériences que j'ai faites, que cela n'est pas toujours le cas, et que la mort des éléments, pourvu qu'elle ne soit pas trop ancienne, peut ne pas avoir d'influence déformante.

Si l'on détache la cornée à l'air libre, pour la plonger ensuite dans le réactif fixateur, l'humeur aqueuse s'écoule, le milieu naturel qui baignait les éléments épithéliaux de Descemet disparaît, et se trouve remplacé par l'air, milieu irritant au plus haut degré pour des éléments qui d'ordinaire n'y sont pas plongés. Voilà donc une manière de faire qu'il faudra rejeter ou qui ne sera mise en pratique qu'en connaissance de cause, et dans la pensée de la comparer à d'autres.

Une autre méthode qui se présente est la suivante, employée par Leber (qui étudiait surtout l'épithélium cornéen antérieur), et par d'autres auteurs encore. Elle consiste à plonger tout sim-

plement l'œil dans le réactif fixateur, qui, dans les recherches de Leber, a été la liqueur de Müller. Ce procédé, bon pour l'épithélium antérieur, qui se trouve, dans toute son épaisseur, en contact presque immédiat avec le liquide ambiant, est mauvais pour l'épithélium postérieur ; dans ce cas, en effet, il arrive que le liquide ne pénètre que peu à peu dans la chambre antérieure. On croit traiter directement l'épithélium postérieur par la liqueur de Müller ou par l'acide osmique à $\frac{1}{100}$, c'est-à-dire par des liquides dans les proportions voulues et jugées nécessaires; point du tout; comme les liquides, surtout l'acide osmique, ne diffusent que très lentement à travers les tissus, c'est de l'acide osmique à un cent millième peut être qui d'abord arrive aux éléments, c'est-à-dire à une dose inférieure à celle qui est exigée pour la fixation instantanée des cellules; et c'est seulement au bout d'un certain temps, qu'il se trouve au contact des éléments un acide osmique à $\frac{1}{100}$; mais alors il est trop tard pour obtenir une fixation brusque et définitive, une fixation à l'état statique; car une influence dynamique prolongée a déjà été exercée par l'acide osmique agissant à tous les degrés de dilution pour irriter les éléments; et finalement les cellules sont déjà mortes, sous cette influence que l'histologiste a introduite et qui est absolument étrangère à la normale. Cette méthode sera donc laissée de côté.

Une autre s'offre à l'esprit de quiconque veut éviter les inconvénients des précédentes méthodes, c'est-à-dire faire arriver à l'abri de l'air et d'emblée sur l'épithélium postérieur de la cornée le réactif qui doit le fixer. C'est l'injection du réactif dans la chambre antérieure. Cette méthode a été employée bien des fois par Knies, qui injectait le ferrocyanure de potassium, par M. Ranvier, qui se servait de nitrate d'argent, par Preiss, qui introduisait dans la chambre antérieure du perchlorure de fer. Ici encore, une cause d'erreur existe ; elle réside dans l'augmentation de pression que l'on produit par le fait de l'injection d'une certaine quantité de liquide, et qui n'est assurément pas sans influence sur la forme des éléments. On dira que l'on peut se contenter d'une pression modérée ; mais alors on s'expose, si la chambre antérieure n'est pas un peu distendue, à ne pas baigner toute la surface postérieure de la cornée; et lorsque plus tard on détachera l'épithélium, on pourra avoir devant les yeux des

régions qui n'auront pas été touchées, dès le début, par le réactif.

J'ai donc renoncé encore à cette méthode, et je me suis arrêté à la suivante. L'œil étant rapidement énucléé, je le plonge dans le liquide fixateur, l'acide osmique, par exemple, et alors j'ouvre, dans le liquide même, et d'un coup de ciseaux rapide, la chambre antérieure de l'œil. De la sorte, à l'humeur aqueuse qui fait vivre les éléments jusqu'au dernier moment, je substitue brusquement, et sans changement de pression, l'acide osmique qui les tue. A la face postérieure de la cornée restent adhérents le cristallin et l'extrémité antérieure de la choroïde avec l'iris. J'enlève le tout rapidement, la cornée étant toujours plongée dans le réactif, où elle reste un temps variable suivant les liquides employés. Au bout de vingt-quatre heures, après action de la liqueur de Muller, de l'alcool au 1/3, par exemple, on pourra détacher des lambeaux de membrane de Descemet revêtus de leur épithélium. On peut arriver au même résultat, lorsqu'on a mis en usage l'acide osmique, déjà deux heures après l'action de ce réactif; mais il vaut beaucoup mieux user du procédé que Dogiel a employé pour la rétine, et qui est excellent pour toute dissociation en général; il consiste, je le rappelle ici, après un séjour de l'objet dans l'acide osmique à $\frac{1}{100}$ comme liquide fixateur, à le placer pendant un temps quelconque dans le même agent à $\frac{1}{1000}$ ou plus faible, qui agit alors comme dissociant. Quant aux réactifs colorants, on peut s'en passer, et si l'on veut user de coloration, le picrocarminate d'ammoniaque m'a suffi le plus souvent; dans quelques cas j'ai employé cependant quelques matières colorantes dérivées de l'aniline, la fuschine, la vésuvine. Les préparations ont été montées dans un véhicule aqueux, le plus souvent le liquide de Ripart et Petit, recommandé par Carnoy; il présente sur la glycérine les avantages que tout le monde reconnaît aux liquides conservateurs aqueux. Quelquefois, et constamment après l'action du nitrate d'argent, la cornée tout entière était montée dans le baume du Canada.

La méthode de fixation par ouverture de la chambre antérieure dans le réactif même, bien qu'elle paraisse la meilleure, ne doit pas cependant être employée à l'exclusion des autres procédés; il ne faut pas perdre l'enseignement que d'autres méthodes, par cela même qu'elles sont imparfaites, peuvent fournir. J'ai donc consigné, dans les expériences faites par les di-

vers procédés qui sont indiqués plus haut, les résultats obtenus, qui, comparés à ceux que donne une plus parfaite méthode, deviennent instructifs. Ouvrir la chambre antérieure d'un œil absolument frais dans l'acide osmique même me semble la meilleure manière de faire. Cela n'empêche pas de tirer parti de l'emploi de l'acide osmique après la mort de l'animal, ou lorsque la chambre antérieure a été vidée. Cela n'empêche pas qu'il soit intéressant de remplacer l'acide osmique par d'autres agents fixateurs, peut-être moins bons. Tous ces essais doivent seulement être faits en connaissance de cause. Et je puis m'étonner que certains auteurs qui ont étudié cette question n'aient pas paru se douter qu'en traitant un œil, même absolument frais, par une solution faible en ammoniaque de carmin ammoniacal, ils se sont mis dans le cas d'obtenir les plus fantastiques images. En somme je m'étonne que plusieurs auteurs, qui ont eu à examiner des éléments aussi délicats que ceux de l'épithélium de Descemet, aient eu d'emblée confiance dans leur manière de faire et aient regardé sans scepticisme, comme l'expression exacte de la réalité, tout ce que leurs procédés leur faisaient voir.

Avant d'exposer les faits que j'ai observés, je dois faire remarquer que je n'ai pas toujours obtenu des résultats identiques dans des conditions que j'avais cru rendre parfaitement identiques. Je veux dire que, traitant par le même acide osmique et de la même façon, des yeux d'animaux de même espèce et sensiblement du même âge (de jeunes pigeons, par exemple), j'ai observé des aspects qui étaient quelquefois assez différents les uns des autres. J'ai d'abord attribué ce fait à un vice d'expérimentation; en particulier j'ai pensé que la zone périphérique de la membrane de Descemet se trouvant masquée par l'iris, qu'on ne peut détacher qu'en quelques secondes au moins, ne se trouvait fixée par le réactif que ces quelques secondes plus tard, au lieu que la partie centrale de la membrane, étant immédiatement en contact avec le réactif, se trouvait fixée sur le champ. Les différences observées pouvaient alors tenir à ce que j'examinais tantôt les portions périphériques, tantôt la partie centrale de la membrane épithéliale. Cependant, là ne gît pas la cause de ces différences; car, observant sur un même œil le centre et la périphérie de l'épithélium postérieur, et ayant répété cet examen sur plusieurs yeux, je n'ai pas vu de différences tranchées entre

les deux régions. D'ailleurs, M. Ranvier a constaté que très divers étaient les aspects obtenus sur une même membrane épithéliale, traitée par le nitrate d'argent; de mon côté, il n'est guère de préparations que j'aie faites, qui ne me montre ici telle image, et un peu plus loin telle autre; une cellule étant conformée d'une façon, sa voisine peut l'être d'une autre. Il est évident, cependant, que, dans ces cas, le réactif a dû agir de la même manière sur une étendue de quelques centièmes de millimètre carré. Et je serais beaucoup plus tenté d'attribuer les différences en question à la manière variée dont les cellules réagissent vis-à-vis du fixateur employé. C'est qu'en effet toutes les cellules d'une surface épithéliale ne sont pas du même âge. Presque tous les animaux dont je me suis servi étaient jeunes, et par conséquent leur membrane de Descemet était en voie d'accroissement plus ou moins rapide, suivant leur âge. Un certain nombre d'éléments cellulaires avaient été récemment formés, soit par multiplication des cellules déjà existantes, comme les recherches de Evetsky tendraient à le faire supposer, soit par fixation et transformation de cellules lymphatiques. C'est peut-être ainsi qu'on pourrait expliquer aussi ce fait, observé par M. Ranvier, et que j'ai pu constater surtout après le traitement à la liqueur de Müller, que certains noyaux épithéliaux se colorent énergiquement sous l'influence du picrocarminate, tandis que d'autres prennent très peu la coloration.

Dans l'exposé des faits qui va suivre, je procéderai à peu près, mais non pas d'une façon rigoureuse, suivant les réactifs que j'ai employés et leur mode d'emploi; je me placerai donc au point de vue technique.

Lorsqu'on fait agir l'alcool au 1/3 en plongeant dans ce réactif un œil tout entier, comme on le fait le plus souvent pour tout organe, on observe que les cellules de la membrane épithéliale de Descemet sont beaucoup plus éloignées les unes des autres qu'elles le paraissent, quand on les examine après l'action d'autres réactifs ou bien quand on les voit dans l'eau; elles ont donc diminué de volume; elles paraissent être revenues sur elles-mêmes. Sur une membrane de Descemet du pigeon, j'ai obtenu l'aspect indiqué par M. Ranvier « de lambeaux cellulaires frangés cousus les uns aux autres. »

Sur deux yeux de chat nouveau-né, dans la chambre antérieure de l'un desquels l'alcool au 1/3 avait été injecté, tandis que la chambre antérieure de l'autre avait été ouverte dans le réactif même, l'aspect était tout différent de celui qui vient d'être décrit. Les cellules étaient en contact par toute l'étendue de leurs bords; seulement la quantité de protoplasma qui entourait chaque noyau était plus ou moins épaisse suivant les endroits; de la sorte, si d'un côté du noyau, elle avait réellement l'air d'une zone protoplasmique de la cellule, d'un autre côté elle était si mince qu'elle semblait une membrane, et que le noyau paraissait de ce côté absolument marginal. On observait également que sur ce jeune animal la forme des cellules était très irrégulière; si l'on y ajoute la grosseur du noyau et le peu de largeur de la zone protoplasmique, on aura les principaux caractères des cellules jeunes. Ces éléments étaient ou tout au moins paraissaient bien fixés par l'alcool au 1/3 agissant dans les conditions que je viens de dire, tandis qu'ils étaient évidemment déformés à la suite de l'immersion d'un œil entier dans le même réactif. Seulement les animaux n'étaient pas les mêmes; il se peut que les cellules épithéliales de Descemet soient plus altérables chez le pigeon que chez le chat. Mais il y a surtout là, je crois, l'influence de l'âge à noter car j'ai pu constater, après l'action de l'alcool au 1/3 comme après celle des autres réactifs, que chez les animaux jeunes la déformation est moins facile que chez les adultes.

Je ne veux pas quitter l'alcool au 1/3 sans signaler une disposition que j'ai observée, à la suite de ce réactif, chez le chat nouveau-né, dans les préparations dont j'ai parlé plus haut et que j'ai retrouvée sur l'épithélium postérieur de la cornée d'un fœtus humain âgé de 5 mois environ, traité par l'acide osmique à $\frac{1}{100}$ à peu près 10 heures après la mort. La préparation de chat nouveau-né traitée à l'alcool au 1/3 avait été colorée au vert de méthyle; celle de fœtus humain soumise à l'acide osmique fut colorée au picrocarminate. C'est cette dernière préparation que je décrirai et c'est celle qui est représentée dans la figure 3. Au milieu de cellules épithéliales fixées par l'acide osmique dans une forme polygonale, et juxtaposées sans intervalles intercellulaires, se trouvent des corps réfringents étoilés et colorés, envoyant des prolongements entre les cellules épithéliales. Ces corps n'étaient pas des vides, mais bien des réalités histologiques, et cela pour

plusieurs raisons : 1° ils avaient une réfringence qui n'était pas celle qu'eût montrée de l'air interposé entre les cellules épithéliales et ayant pris la place de cellules disparues; 2° ils se coloraient un peu, mais pas en rose franc dans la préparation traitée par le picrocarmin; mais dans celle où le vert de méthyle avait agi, ils avaient une franche coloration verte; 3° dans les lambeaux épithéliaux qui constituaient ces deux préparations se trouvaient des brisures; le long de ces fissures, les corps en question se voyaient avec une individualité propre. Ce n'étaient pas davantage des lambeaux de la membrane anhiste de Descemet, car dans ces deux préparations l'épithélium seul avait été détaché, et nulle part on ne voyait de lambeaux de membrane, dénudés de leur revêtement épithélial, comme je l'ai vu facilement toutes les fois que la membrane amorphe avait été enlevée en même temps que l'épithélium. S'agit-il ici d'éléments semblables à ceux que Stricker et Norris ont décrit en même temps que les cellules épithéliales ordinaires, et au milieu d'elles? S'agit-il d'éléments lymphatiques migrateurs? Je serais assez tenté de le croire en raison de la ressemblance que ces éléments présentent avec les cellules migratives qui viennent mourir dans la mœlle de sureau placée sous la peau du dos d'une grenouille et s'y présentent déformées, avec des aspects réfringents et irrégulièrement étoilées. Ce n'est là, bien entendu, qu'une simple hypothèse, que cette ressemblance me suggère (1). Je n'insisterai d'ailleurs pas sur cette question qui ne rentre pas précisément dans le sujet qui m'occupe.

J'ai dit plus haut m'être servi d'un réactif très recommandé dans ces dernières années, l'acide nitrique à $\frac{2}{100}$. Ce réactif n'a pu être utile ici, car il désagrège les cellules épithéliales, les fait tomber, de sorte qu'il est très difficile d'en observer qui soient réunies en un lambeau suffisamment grand pour permettre l'examen de leurs rapports réciproques. Néanmoins dans de tout petits fragments j'ai pu en voir assez pour me convaincre que les cellules avaient l'aspect que j'ai signalé après l'action de l'alcool au 1/3 sur l'œil entier; ce réactif ne fixe donc pas bien les éléments de l'épithélium de Descemet.

(1) Il peut enfin être ici question de cellules d'âge différent; des observations seront indiquées plus loin, où j'ai retrouvé des cellules d'aspect réfringent analogue, mais moins marqué.

Ayant opéré sur un œil de pigeon comme Preiss l'a indiqué, c'est-à-dire après avoir injecté comme liquide fixateur du perchlorure de fer dans la chambre antérieure, laissé ce liquide deux heures en contact avec l'épithélium, pour le traiter ensuite par le ferrocyanure de potassium, et colorer ainsi en formant du bleu de Prusse, j'ai obtenu un aspect très semblable à celui que cet auteur indique et qu'il représente dans sa figure 1. J'ai vu les cellules écartées les unes des autres, avec des noyaux très apparents jaunâtres, et des espaces intercellulaires ménagés entre les cellules écartées, et parcourus par des ponts intercellulaires qui unissent les cellules entre elles. Seulement les précipités de bleu de Prusse qui couvrent çà et là l'épithélium gênent beaucoup l'examen et on ne peut complètement les enlever, sous peine de détacher l'épithélium qui leur adhère. Je dois ajouter qu'en employant cette méthode, il m'est arrivé, ainsi que Preiss l'a déjà vu de fixer les éléments de telle sorte que leurs contours polygonaux apparaissent comme après l'emploi d'une solution de nitrate d'argent à $\frac{1}{100}$.

L'opération inverse, c'est-à-dire la fixation par le ferrocyanure et la coloration par l'addition ultérieure de chlorure ferrique a abouti au résultat suivant. Les cellules formaient ce réseau de cellules frangées et cousues bout à bout, dont il a été plusieurs fois déjà question.

J'ai essayé le sublimé corrosif, suivant la formule de Lang (que donne le traité d'anatomie comparée de C. Vogt et Yung), sur les yeux de chats nouveau-nés, par ouverture directe de la chambre antérieure dans le liquide; j'ai obtenu des résultats identiques à ceux que m'a fournis l'acide osmique; et la liqueur de Lang peut donc compter parmi les bons fixateurs. Toutefois, comme elle n'a pas été essayée sur des yeux adultes, ou à peu près, il faut être en garde contre ce fait que les membranes épithéliales de Descemet sont moins altérables chez les animaux jeunes, et par conséquent plus facilement fixées.

J'arrive à la liqueur de Muller. J'ai examiné l'épithélium postérieur cornéen chez un lapin albinos, dont l'œil avait été plongé tout entier dans la liqueur de Muller, et qui y était resté un mois environ. Avec cette cornée, j'ai fait deux préparations; l'aspect était un peu différent dans l'une et dans l'autre. Dans l'une se voyait un réseau; les cellules étaient unies par des pro-

longements épais et réfringents, et émettaient çà et là des pointes; les espaces intercellulaires étaient très larges, moins larges cependant qu'une cellule, ce qui ne permettait pas de les attribuer à la chute d'une cellule épithéliale (fig. 1).

Quant à l'autre préparation (fig. 2), en mettant au point pour la surface postérieure du revêtement épithélial (celle qui est tournée vers l'humeur aqueuse), on voyait des lignes sinueuses, contours de cellules épithéliales assez intimement juxtaposées et rappelant un peu le dessin en jeu de patience d'un épithélium lymphatique; çà et là les traits s'épaississaient un peu tout en restant sombres (2 A). En abaissant l'objectif, on voyait l'aspect changer, et l'on se trouvait en présence d'une membrane épithéliale perforée; de larges espaces intercellulaires séparaient les éléments qui à travers ces espaces étaient reliés les uns aux autres par des prolongements courts et assez déliés (2 B). Cette observation a trait à la différence dont seraient agencées, suivant certains auteurs, les parties superficielle et profonde de la cellule (c'est-à-dire celle qui est baignée par l'humeur aqueuse et celle qui est en contact avec les membranes de Descemet), par rapport aux portions correspondantes des cellules voisines. Preiss a soutenu que, lorsque les cellules se rétractent, pour laisser entre elles des espaces stomatiques, c'est par leur partie profonde qu'elles le font tout d'abord; la rétraction et par suite la formation d'espaces intercellulaires ne se montrerait à la superficie tournée vers la chambre antérieure, que lorsque la rétraction serait à un stade plus avancé. L'observation que j'ai faite viendrait à l'appui de cette opinion de Preiss. Swaen au contraire avait avancé, en se fondant sur des aspects obtenus à l'aide du nitrate d'argent, que la rétraction des cellules se fait dans leur portion postérieure d'abord, tandis que les parties antérieures de ces cellules, restant étroitement juxtaposées, forment une membrane continue appliquée sur la membrane de Descemet, et ne laissant voir aucun interstice cellulaire. A propos d'autres préparations, je reviendrai sur cette question.

Un œil de chat nouveau-né étant ouvert dans la liqueur de Muller même, on obtient des résultats autres. Outre les corps irrégulièrement conformés, dont j'ai parlé plus haut à propos de l'alcool au 1/3 et de l'acide osmique, indépendamment de la plus forte coloration de certains noyaux sous l'influence du

picrocarmin, tandis que d'autres étaient à peine teintés, ce qu'il y avait dans ces préparations de remarquable, c'était l'aspect uniformément granuleux du protoplasma cellulaire dans lequel les noyaux étaient plongés; la disposition était à peu près celle que j'ai déjà signalée chez le chat nouvé-né à la suite de l'action de l'alcool au 1/3.

L'observation de cette préparation, où l'on a tant lieu de croire, d'après l'aspect des éléments, que la fixation avait été bien faite, peut faire penser que le liquide de Muller, appliqué dans des conditions convenables, peut se comporter en excellent réactif. Cependant, il ne faut pas oublier qu'il s'agit ici d'un animal jeune, dont l'épithélium de Descemet, je le répète, se fixe mieux que celui des adultes. De plus, je ne dois pas omettre de dire que, sur une préparation faite par le même procédé, j'ai toutefois observé un aspect réticulé du protaplasma, qui s'est montré également à la suite de l'acide osmique agissant après écoulement de l'humeur aqueuse, c'est-à-dire dans de mauvaises conditions, et qui par conséquent diminue un peu la valeur du liquide de Muller comme liquide fixateur. J'aurai à revenir sur ces préparations, quand je parlerai de l'acide osmique.

J'arrive à deux réactifs beaucoup plus importants que les précédents : le nitrate d'argent et l'acide osmique. Je commencerai par ce dernier, qui m'a surtout servi dans ces recherches, et je rappellerai que je l'ai fait agir de diverses façons : directement, la chambre antérieure étant ouverte dans le réactif; par injection dans la chambre antérieure; après ouverture à l'air de la chambre antérieure et l'écoulement de l'humeur aqueuse; après la mort de l'animal et probablement la mort des éléments anatomiques. Je rappellerai aussi que telle manière de faire ne m'a pas donné des résultats toujours les mêmes, et que d'autre part tel *modus faciendi* m'a fourni souvent les mêmes aspects que tel autre. La question est donc complexe, les résultats ayant été, contre mon attente, très diversifiés dans les mêmes circonstances, et s'étant présentés comme indépendants, jusqu'à un certain point, des conditions de l'expérience.

C'est ainsi que, voulant examiner si l'influence de la mort des éléments épithéliaux de Descemet et la maladie qui la précède naturellement étaient ou non suffisantes à la production des ponts et des espaces intercellulaires, j'ai utilisé une cornée de fœtus

humain dont j'ai parlé déjà à propos des corps particuliers qu'elle présentait. Les cellules de Descemet de cette cornée se montrent sous une forme parfaitement régulière et polygonale (fig. 3); et cependant la préparation fut faite dix heures après la mort de ce fœtus qui avait environ six mois. L'âge serait une explication possible, si je n'avais obtenu ailleurs des résultats un peu contradictoires. Il s'agit de l'observation d'une membrane épithéliale de chat nouveau-né, six heures environ après la mort de l'animal, et à une époque où je pouvais supposer que les éléments épithéliaux avaient cessé de vivre. A ce moment, j'ouvris l'œil dans l'acide osmique, et je remplaçai l'humeur aqueuse, qui avait été conservée, par le réactif. L'autre œil avait été directement et immédiatement traité par l'acide osmique. Dans l'épithélium du premier de ces yeux (fig. 16), on voit des éléments de forme variée, dans lesquels le noyau ne se distingue pas bien du protoplasma, et qui sont pourvus d'un nucléole. Le fait que ces corps étaient colorés tout entiers par le picrocarmin donne à penser qu'ils étaient formés tout entiers par le noyau, et que le protoplasma se trouvait ailleurs. En effet, la lame protoplasmique très mince (il s'agit d'éléments jeunes) qui sur d'autres préparations se montre entourant le noyau, chez le chat nouveau-né, se trouve ici, je crois, représentée en totalité, ou peu s'en faut, par ces tractus d'une réfringence spéciale, qui, véritables ponts anastomatiques, unissent les cellules entre elles.

Ayant attendu six heures après qu'un pigeon fut mort, pour lui prendre ses yeux, et les traiter par l'acide osmique, et deux préparations ayant été faites, avec chacun de ces deux yeux, j'observais que dans l'une d'elles la plupart des cellules étaient tombées. La plupart de celles qui étaient restées en place étaient écartées les unes des autres, rétractées, ratatinées, comme à peu près cela est représenté par la figure 12, qui est une membrane épithéliale de grenouille traitée par le nitrate d'argent solide. Les éléments cellulaires n'y étaient pas individualisés; leurs protoplasmas étaient confondus en une masse dans laquelle les noyaux étaient plongés. Cette préparation ressemblait ainsi presque complètement à celle qui est représentée par la figure 4, et qui appartient au chat nouveau-né. Ainsi donc, j'ai obtenu des résultats très divers sur deux membranes épithéliales de

Descemet tirées des yeux d'un même animal, et ayant été traitées de la même façon.

Dans d'autres essais, sur des yeux d'animaux ayant depuis longtemps déjà cessé de vivre, j'ai eu sous les yeux des images très différentes, alors que j'espérais le contraire. Cette diversité des résultats me paraît le trait le plus caractéristique des observations faites dans ces conditions, c'est-à-dire après la mort de l'animal.

Je n'ai fait que peu d'essais avec l'acide osmique injecté dans la chambre antérieure ; car l'ouverture de la chambre antérieure dans le liquide m'a paru dès le début une méthode plus parfaite. A la suite d'une injection d'acide osmique dans la chambre antérieure du cobaye, et de la coloration par le picrocarmin de l'épithélium cornéen supérieur, voici ce qui se présentait : un réseau de substance protoplasmique limitant des espaces polygonaux arrondis, à l'intérieur desquels se trouvaient les noyaux (fig. 20). Les noyaux n'occupaient pas tout l'espace, de sorte qu'entre leur periphérie et le réseau de protoplasma se trouvait un « espace périnucléaire. » Examinant à l'aide d'un grossissement assez fort le réseau protoplasmique, on le voit en certains endroits formé de substance grenue; les granulations assez grosses sont disposées sans aucun ordre; c'est ce que l'on pourrait appeler protoplasma à arrangement diffus ou plus simplement protoplasmå diffus. En d'autres points de ce réseau, les granulations se disposaient en séries radiaires autour du noyau cellulaire comme centre; on pourrait dire ici : protoplasma à arrangement sérié, brièvement protoplasma sérié. En d'autres points encore de la même préparation, les séries rayonnantes de granulations protoplasmiques sont remplacées par de petits bâtonnets réfringents rangés les uns à côté des autres normalement à la surface du noyau, on peut penser que ces bâtonnets se sont constitués par soudure des granulations qui appartiennent à une même file radiale; et cette idée est pleinement justifiée par la présence de tous les intermédiaires entre le protoplasma ayant la précédente disposition, et celui-ci; c'est cette fois un protoplasma bacillaire. D'ailleurs, dans les endroits de la préparation où cette structure du protoplasma, nettement bacilliforme et radié, est bien marquée, on peut avec un faible grossissement même constater cet aspect radié qui dessine des figures très élégantes. Ainsi voilà une

préparation qui fait voir trois arrangements différents du protoplasma qui se sont succédés l'un à l'autre.

Prenons à présent la série des observations qui ont été faites, la chambre antérieure étant intacte ou ayant perdu son humeur aqueuse, au moment où l'acide osmique a été en contact avec l'épithélium de Descemet.

Je parlerai tout d'abord des cas où les unités épithéliales, distinctes avec des contours polygonaux, ou bien confluentes en une nappe protoplasmique où des noyaux étaient nichés, étaient constitués toujours par un protoplasma à granulations éparses. Mais auparavant je rappelle que ce n'est pas l'acide osmique seul qui m'a fourni ces aspects, mais que je les ai obtenus par d'autres réactifs, tel que l'alcool au 1/3, la liqueur de Lang, le liquide de Muller, sur des animaux jeunes, il est vrai, et à condition que la chambre antérieure soit ouverte dans le réactif même.

De semblables aspects m'ont été fournis par l'acide osmique chez le chat nouveau-né, dans une préparation représentée par la figure 4. On n'y distingue pas les contours des cellules épithéliales; on serait tenté de parler de couche protoplasmique formant réseau dans les mailles duquel seraient les noyaux cellulaires; et cependant la figure 5 représente l'épithélium de l'autre œil de ce même petit chat imprégné d'argent.

Sur un épithélium d'un autre chat nouveau-né j'ai observé le même fait. Comme cette observation ne saurait être séparée d'autres que j'ai faites avec divers réactifs sur six petits chats de la même portée, j'indiquerai aussi les résultats que m'ont fourni ces différents réactifs; je laisserai seulement pour plus tard le nitrate d'argent.

L'acide osmique à $\frac{1}{100}$, la liqueur de Muller, la liqueur de Lang, l'alcool au 1/3 employés suivant la méthode que j'ai recommandée, m'ont offert tous à peu près ce qui est figuré en (4). En employant l'acide osmique, non plus immédiatement, mais sur une cornée dont la face postérieure était restée une demi-minute environ à l'air, l'humeur aqueuse s'étant écoulée, j'ai observé d'abord un aspect différent de celui que l'application directe de l'acide osmique faisait voir, et ensuite des images variées suivant les points de la membrane épithéliale que j'examinais. Ayant pris sur cette cornée en différents points les lambeaux d'épithélium, je dois dire néanmoins que l'un d'eux me montra un pro-

toplasma avec arrangement diffus des granulations, c'est-à-dire ce que la fixation par l'acide osmique à l'abri de l'air m'avait fait voir. En un autre lambeau, le protoplasma était constellé de vacuoles assez nombreuses, ou, ce qui revient au même, ce protoplasma se montrait réticulé; les vacuoles que ce délicat réseau limitait étaient-elles réellement des vides, ou bien n'étaient-elles que des régions contenant une substance pâle et peu abondante, c'est ce que je ne puis dire. Le réticulum était plus ou moins accentué, suivant les points de la préparation, et quand il était bien net, il semblait évident aussi que c'étaient de véritables vacuoles qu'il entourait (fig. 18). Çà et là on voyait ce réticulum recouvrir comme d'un filet le noyau de la cellule; on pouvait voir aussi un semblable réticulum entourer un espace vide, d'où le noyau était évidemment tombé, n'étant plus maintenu, comme un verre de lampe dans sa griffe, par le réticulum attaché sur lui, mais qui s'en est écarté dans le cas dont il est ici question. Une autre portion enfin de la même membrane offrait de véritables réseaux, dont chaque maille contenait un noyau ou devait en avoir contenu; car le noyau avait disparu de plusieurs de ces espaces. Il semblait que dans ce cas où la maille était vide, on avait affaire à l'exagération du précédent processus, que les filaments d'attache du réticulum sur le noyau s'étant rompus, il restait un anneau de substance réticulée tout autour de la loge nucléaire, cet anneau se contractant, se resserrant dans le sens de son épaisseur, l'espace nucléaire avait été agrandi, et le noyau libre ainsi de toute adhérence avec le protoplasma, logé ensuite dans une cavité trop grande pour lui, en avait été facilement expulsé lors des manipulations que la préparation avait subies. D'ailleurs, à l'appui de fait qu'autour des cavités nucléaires d'où le noyau était tombé, il s'était fait un travail de resserrement de la portion du réseau protoplasmique qui limitait cette cavité, il y avait à faire cette remarque. Les portions de réseau entourant un espace que le noyau remplissait encore presque complètement, sauf dans une mince fente périnucléaire, avaient presque l'aspect granuleux ordinaire du protoplasma. Au contraire, les portions de réseau qui entouraient des cavités d'où le noyau s'était échappé, offraient un aspect réfringent tout particulier, qui était, mais fortement exagéré, celui des travées du réticulum dont il a été fait mention plus haut; de la sorte certains espaces nucléaires semblaient

limités par un réseau de trabécules très réfringentes et de forme cylindroïde (fig. 17) (1).

Pour achever ce qui est relatif à la description de cette série de préparations qu'il est intéressant de comparer, puisqu'elles ont toutes été faites avec les yeux de chats de la même portée, je rappellerai que, l'acide osmique étant employé six heures après la mort de l'animal, j'ai obtenu l'aspect d'éléments unis les uns aux autres par de courts ponts anastomotiques que l'on peut regarder comme formés du protoplasma cellulaire qui tout entier ou presque tout entier a été utilisé pour leur constitution.

Je laisserai de côté et remettrai à leur véritable place les préparations au nitrate d'argent faites avec ces mêmes petits chats.

Je passe à présent à l'examen de préparations obtenues par la même méthode, l'ouverture de la chambre antérieure dans l'acide osmique, sur un autre animal, le cobaye. J'ai signalé déjà certains résultats fournis par une injection d'acide osmique dans la chambre antérieure de cet animal; j'ai parlé d'aspects divers du protoplasma, d'arrangement diffus, sérié, bacillaire. Sur les préparations dont il est maintenant question, on voyait, à un faible grossissement, les cellules comme des soleils; autour du noyau de chacune d'elles s'étendaient des stries radialement dirigées. A un grossissement fort (Verick, oc. 2, obj. 9 immersion) on pouvait se convaincre que l'arrangement bacillaire et radié du protoplasma n'existait pas tout autour du noyau, dans toute l'étendue du protoplasma; dans une cellule donnée, il ne se montrait qu'en un point assez restreint du protoplasma (fig. 7 A). Sur une seule cellule on pouvait de plus observer tous les passages, depuis la disposition diffuse jusqu'à l'arrangement bacillaire, en passant par l'état sérié des granulations protoplasmiques. Je mentionnerai, en passant, que j'ai obtenu les mêmes aspects chez le pigeon. En certaines cellules de l'épithélium du cobaye, on voyait partir de la région centrale de la cellule correspondant au noyau, des filaments situés plus superficiellement que le noyau, très grêles d'abord, puis s'épaississant ensuite de plus en plus à mesure qu'ils se rapprochaient, dans leur trajet ra-

(1) Il est à remarquer dans la figure 15 que le protoplasma cellulaire avait pris ce même aspect réfringent le long des fissures (f), c'est-à-dire là où la continuité de l'épithélium ayant été rompue, le protoplasma s'était trouvé en contact avec un milieu anormal.

dié, mais légèrement sinueux, de la périphérie de la cellule; ces filaments, de plus, se relevaient toujours davantage, à partir de leur origine centrale, si bien qu'arrivant aux confins de la cellule ils se présentaient en coupe optique, comme des grains réfringents. De la sorte, les limites cellulaires étaient indiquées par une ligne de grains irrégulièrement distribués, qui n'étaient autres que les coupes optiques des bâtonnets ou filaments du protoplasma. De plus, sur beaucoup de cellules, le noyau avait une sorte de hile, et cette dépression paraissait due à une traction que les filaments protoplasmiques avaient exercée sur lui (7 A). Enfin, je ne dois pas omettre de dire que le noyau était séparé du protoplasma par un espace vide, clair, espace périnucléaire, que traversaient les filaments radiés, en apparence du moins. Car ceux des filaments qui semblaient traverser l'espace périnucléaire étaient superficiels, appartenaient à une lame mince de protoplasma superficiellement placée; ils ne paraissaient s'étendre à travers l'espace périnucléaire que parce que celui-ci se présentait en coupe optique au-dessous d'eux. Lorsqu'un vide existait autour du noyau, je n'ai jamais pu voir d'une façon nette qui me permette d'affirmer le fait, les filaments du protoplasma (pas plus d'ailleurs que les autres formes du protoplasma) prendre insertion sur le noyau, émanant de lui pour ainsi dire, et traversant ensuite l'espace périnucléaire se continuer dans le protoplasma. Toute continuité de substance entre le noyau et le protoplasma a été rompue par la formation d'un espace périnucléaire. On peut, et c'est ce que plusieurs auteurs ont fait, injecter cet espace, et montrer alors qu'il se continue tout autour du noyau sans aucune interruption.

Avant de passer aux faits intéressants que nous donne l'observation de la membrane épithéliale de Descemet, chez le pigeon, je veux rendre compte en quelques mots des résultats absolument inattendus que j'ai obtenus sur des embryons de poulet du douzième jour de l'incubation. Je ne voulais pas faire le développement de l'épithélium de Descemet, lorsque j'ai cherché à l'observer sur ces embryons. J'avais simplement pour but de voir si, sur ces épithéliums très jeunes, je ne constaterais pas une fois de plus, et ici mieux que partout ailleurs, la difficulté que les épithéliums de Descemet jeunes témoignent à effectuer cette transformation dans leur agencement, qui produit les espaces et les ponts intercellulaires. Eh bien, alors que les yeux

de ces embryons (qui d'ailleurs étaient plein de vie et de mouvement), ont été ouverts dans l'acide osmique, qu'il n'y avait pas de cause d'erreur possible tenant à un défaut de fraîcheur des membranes, ou à une fixation défectueuse, alors que, d'après ce que j'avais vu déjà sur les membranes très jeunes, je m'attendais à obtenir une couche protoplasmique granuleuse avec noyaux inclus, j'ai vu (fig. 8 A) ce que m'avait donné l'épithélium de Descemet du chat nouveau-né, fixé par le réactif, six heures après la mort de l'animal, et (fig. 8 B) ce même aspect paraissant exagéré. Si la figure 8 A me semble due au même mécanisme qui a produit l'épithélium de chat nouveau-né représenté en (16), et devoir comporter la même interprétation, je suis beaucoup plus embarrassé pour expliquer la figure 8 B. Car on y voit en certains points des espaces vides entourer le noyau ; ce sont des espaces périnucléaires agrandis évidemment; ces espaces se prolongent dans l'épaisseur même, semble-t-il, d'un filament intercellulaire, pont anastomotique de protoplasma qui unit à distance deux éléments voisins, et qui n'est que le pont intercellulaire allongé de la figure 8 A ; c'est cette fissuration longitudinale des filaments anastomiques par des diverticules partis de l'espace périnucléaire qu'il est assez difficile de comprendre. J'ai tenu à ne pas laisser de côté ces résultats, bien qu'ils aboutissent à infirmer la proposition que j'avais mise en avant, au sujet des épithéliums de Descemet jeunes et de la difficulté qu'ils montrent à se modifier.

Les pigeons jeunes, mais adultes, sont avec les chats nouveau-nés, les animaux que j'ai eu le plus souvent à ma disposition.

J'ai d'abord observé sur leur épithélium cornéen postérieur l'aspect, plusieurs fois décrit déjà, de soleils cellulaires; autour du noyau est un espace mince ; en dehors se trouve une zone annulaire de protoplasma à petits bâtonnets radiés. Dans un cas il y avait ce fait à remarquer que les bâtonnets s'étendaient d'un espace périnucléaire à celui de la cellule voisine, en droite ligne, et que vers le milieu de leur parcours, c'est-à-dire au point où devait se trouver la limite des deux cellules voisines, chaque bâtonnet était renflé en un petit nodule, en un grain. On se rappelle quelle était l'interprétation qui résultait nécessairement de la considération de la figure 20 où chez le cobaye un

aspect analogue avait été trouvé. Ce qui existe ici fait penser à autre chose, mais je n'anticipe pas, et reporte à plus tard l'explication possible du fait qui se présente ici.

Une des observations les plus intéressantes peut-être que j'ai faites est celle-ci. J'ai ouvert dans l'acide osmique la chambre antérieure de l'œil d'un pigeon, tandis que celle de l'autre œil l'était à l'air libre, et qu'ainsi l'acide osmique n'agissait qu'après écoulement de l'humeur aqueuse. Dans les deux cas, les résultats ont été sensiblement les mêmes. Mais s'ils manquent d'intérêt à ce point de vue de la comparaison des manières dont le réactif fixateur peut être employé, ils offrent une disposition importante, qui autorise à interpréter les ponts et espaces intercellulaires d'une certaine façon. Dans l'œil dont l'acide osmique seul avait touché l'épithélium de Descemet, les noyaux cellulaires étaient évidents, délimités par un espace périnucléaire très étroit (fig. 6 C). Un protoplasma granuleux régnait autour de cet espace; mais un grand nombre des grains de ce protoplasma étaient doués d'une réfringence toute spéciale. Des bâtonnets assez épais émanaient de ce protoplasma qui, traversant un espace intercellulaire parvenaient jusqu'au protoplasma des cellules voisines; ces bâtonnets partaient d'une de ces granulations réfringentes dont il vient d'être question et qui pourraient bien être leurs coupes optiques. Enfin, et c'est là ce qui est surtout intéressant, un certain nombre de bâtonnets, au lieu d'être cylindriques et de diamètre sensiblement le même dans toute leur longueur, étaient moniliformes, se constituaient d'une série de granulations très réfringentes placées bout à bout; souvent, comme le montre la figure, ces chaînes partaient d'une petite saillie de protoplasma ordinaire. Les bâtonnets n'avaient pas tous au même degré cette structure; mais il était facile de se convaincre, à l'aide de grossissements forts et d'un condensateur, que tous la présentaient, très atténuée, il est vrai, dans un grand nombre d'entre eux. Tous ces bâtonnets, moniliformes ou non, n'arrivaient jamais en réalité jusqu'au noyau; si on pouvait les croire venant se fixer sur lui, ce n'était qu'une apparence; tous restaient en dehors de l'espace périnucléaire; aucun ne le traversait.

Il y avait le même aspect général sur la membrane épithéliale que l'air avait pu influencer; mais il existait quelques différences. Le noyau n'était pas visible; il ne faisait qu'une masse avec le

protoplasma, masse constellée de grains ressemblant à des microbes, et qui ne semblaient plus être, comme dans le cas précédent, la coupe optique des bâtonnets, car ils étaient d'un diamètre supérieur à celui que cette coupe optique aurait eu. Les espaces intercellulaires étaient sillonnés en tous sens de bâtonnets dont un grand nombre présentaient franchement l'aspect moniliforme.

Dans d'autres préparations j'ai retrouvé cet aspect moniliforme des filaments intercellulaires anastomotiques, représenté dans la figure 14. Cette figure reproduit l'état d'une région épithéliale assez limitée d'une préparation qui ailleurs donnait l'image figurée en 13. Entre ces deux états qui paraissent très éloignés l'un de l'autre, et qui le sont, je crois, en réalité, paraissaient exister cependant des intermédiaires. Le dessin numéro 13 montre un protoplasma cellulaire divisé en bâtonnets radiés, mais irréguliers; ces bâtonnets ne paraissent pas formés d'une façon active, mais paraissent bien plutôt le résultat de la fissuration radiale du protoplasma. Les noyaux sont entourés d'espaces périnucléaires; et l'on peut voir, en certains points, un espace communiquer avec un espace périnucléaire d'une cellule voisine par une longue fente creusée à travers les protoplasmas des deux cellules contiguës (a f. 13). Dans une partie de la préparation que l'on trouve en se rapprochant de celle qui a fourni la figure 14, on voit les bâtonnets devenir beaucoup plus nombreux ; et, tandis que dans la région correspondant à la figure 13, le protoplasma cellulaire était en certains points encore sous forme de plaques assez larges que la fissuration n'avait pas encore segmentée, et où les bâtonnets ne s'étaient pas montrés, dans ces parties intermédiaires il n'y avait plus que des bâtonnets, dont beaucoup présentaient l'état moniliforme. Plus loin on se trouvait devant la région représentée en 14. Entre le dernier aspect qui a été signalé et celui que cette figure fait voir, il n'y avait pas d'intermédiaire; mais tout à coup on voyait un certain nombre d'éléments, qui n'étaient sans doute que les noyaux cellulaires, réunis les uns aux autres par des filaments grêles qui formaient de petits faisceaux par leur juxtaposition au nombre de trois ou de quatre. Ces filaments offraient un aspect moniliforme, il est vrai, mais cet aspect n'était pas celui que j'ai observé dans les cas que je regarde comme typiques,

dans ceux des figures 6, par exemple, et dans les parties de la préparation qui nous occupe, intermédiaires à celles de la figure 13 d'une part, de la figure 14 de l'autre. Je ne crois pas qu'il s'agisse, par ce dessin numéro 14, d'autre chose que d'une modification énorme et tout à fait due à une autre cause que celle qui a fait l'état des régions voisines, où l'état moniliforme existait aussi, mais d'aspect différent. Peut-être cette partie de la préparation n'a-t-elle pas été bien fixée? En tout cas, je ne vois pas bien comment elle pourrait être reliée à la figure 13 même avec les intermédiaires dont j'ai parlé; comment se fait-il en particulier que les filaments arrivent jusqu'aux corps anguleux, dans cette figure 14, si ces corps anguleux représentent le noyau entouré ou non d'un peu de protoplasma; qu'est alors devenu l'espace périnucléaire? J'ai voulu cependant ne pas négliger cette partie de la préparation si différente du reste, et que je serai volontiers tenté de rapprocher de la figure 8 B à laquelle elle ressemble le plus.

Je terminerai ce qui a trait à l'acide osmique en rendant compte de plusieurs préparations faites également sur le pigeon. Je rappelle les résultats variés que j'ai obtenus sur l'animal mort depuis six heures. Avec deux pigeons de la même couvée je fis d'autres préparations; un œil fut ouvert dans l'acide osmique, l'autre fut ouvert à l'air et traité seulement ensuite.

Dans les préparations qui ont été réalisées par ce dernier procédé, et dont une est représentée par la figure 19, on voit déjà à un faible grossissement (Verick, oc. 2, obj. 2), mais mieux à l'aide d'un objectif numéro 7, que les cellules sont limitées par des contours brillants, très sinueux, qui rappellent tout à fait un épithélium lymphatique. Au centre de la cellule règne un espace vide, arrondi, qui n'est autre que la loge nucléaire d'où le noyau est tombé. Si l'on examine avec plus d'attention, on arrive à se convaincre, qu'en beaucoup de points, les sinuosités des contours épithéliaux (1) s'exagérant, de petits diverticules clairs s'enfoncent dans l'épaisseur du protoplasma d'une des cellules; en certains points même on voit ces diverticules arriver jusque dans l'espace vide qui occupe le centre de l'élément, mettant ainsi en relation l'espace intercellulaire avec l'espace périnucléaire. Si

(1) Ces sinuosités ne sont pas suffisamment accentuées dans la figure.

deux diverticules naissent de chaque côté d'un espace intercellulaire pour s'enfoncer chacun dans une cellule, si chaque diverticulum parvient jusqu'à l'espace nucléaire de la cellule qu'il a pénétrée, il y aura ainsi une communication directe établie entre les espaces périnucléaires de deux cellules voisines. L'observation de ces faits me paraît intéressante. La cellule nous apparait comme une unité, c'est vrai, puisqu'elle est nettement séparée de ses voisines par un espace péricellulaire susceptible d'agrandissement. Mais cette unité est partagée dans sa partie protoplasmique, en segments séparés les uns des autres par des diverticulums de l'espace péricellulaire. Quant au noyau, il est logé dans la cellule presque comme le serait un corps étranger à elle ; il en est séparé par un espace périnucléaire tout comme la cellule l'est de ses voisines par une espace intercellulaire.

C'est en examinant la surface de la membrane épithéliale que l'on fait cette observation ; si l'on enfonce un peu l'objectif, de façon à voir la profondeur de la membrane, c'est-à-dire la partie des cellules qui est en contact avec la membrane amorphe de Descemet, on voit les espaces intercellulaires s'agrandir, les cellules présenter corrélativement un diamètre moindre, et s'envoyer à travers ces espaces des prolongements, ou ponts intercellulaires qui les unissent. Ainsi les cellules séparées par des espaces intercellulaires sinueux, mais assez minces, dans toute leur partie postérieure, seraient beaucoup plus écartées l'une de l'autre dans leur partie antérieure ou profonde, et là seulement seraient réunies par des ponts anastomotiques. Je rappelle les résultats semblables qui sont exposés dans les figures 2 A et 2 B. C'est à une conclusion semblable que Preiss a été conduit par ses observations. Je ne veux pas quitter ces préparations sans mentionner un fait qui tout d'abord paraît singulier. A côté de cellules conformées comme je viens de le dire, il y en avait d'autres d'aspect tout différent ; elles se distinguaient tout de suite par leur réfringence et leur air vernissé ; le noyau n'y était pas entouré d'un espace périnucléaire ; il se montrait plus ou moins confondu avec le protoplasma ; ces cellules envoyaient à leurs voisines, et cela dans toute leur hauteur, à la surface comme dans leur profondeur, des ponts anastomotiques épais, grossiers, très réfringents. Ces cellules étaient éparses au milieu de celles qui présentaient de tout autres aspects ; je ne puis penser en consé-

quence que ces différences soient dues à une action autre du réactif; il y a évidemment là à faire intervenir l'état, la nature des cellules, une cause inhérente à ces cellules mêmes, peut-être une différence d'âge. Et bien que les animaux et les conditions d'observation n'aient pas été les mêmes, ces cellules réfringentes du pigeon me firent penser aux corps cellulaires réfringents décrits plus haut comme fréquents chez les animaux jeunes, et représentés en la figure 3.

Sur les membranes épithéliales traitées directement par l'acide osmique, les mêmes faits à peu près s'offrent, moins accentués. De grands lambeaux de membrane montrent le protoplasma cellulaire à peine agencé en bâtonnets, et presque encore semé de granulations diffuses. Dans une des préparations de cet ordre, les cellules se montraient à leur surface unies par des ponts intercellulaires épais, d'aspect moniliforme. Profondément, ces mêmes cellules étaient réunies par des prolongements très fins, bâtonnets très délicats, rangés les uns à côté des autres et dessinant une figure très élégante. Plus profondément encore, ce n'étaient plus des bâtonnets que l'on apercevait, mais des séries radiées de granulations; c'était du protoplasma sérié. Évidemment nous avons là les transformations subies par le protoplasma granuleux, et que nous montrent à ses divers degrés les régions profonde, moyenne et superficielle de la cellule. Ici seulement, pour des raisons que je ne sais pas, c'est, à l'encontre de qui a été dit tout à l'heure, la région superficielle de la cellule qui est le plus avancée dans ses transformations.

Sur ces mêmes préparations se voyait, bien que cette description ne rentre pas précisément dans mon sujet, la membrane amorphe de Descemet semée de petites taches claires, qui elles-mêmes n'étaient pas disposées d'une façon quelconque, mais placées bout à bout de façon à former comme un réseau de petites perles juxtaposées. C'était certainement là l'empreinte laissée par les éléments épithéliaux, sans doute par les petits espaces intercellulaires représentant les perles, les taches brillantes, tandis que les minces intervalles qui séparaient ces perles correspondaient aux ponts intercellulaires. Cependant ce n'est pas absolument certain. Car les réseaux avaient un diamètre un peu moindre que celui des éléments cellulaires.

Lorsqu'on passe le crayon de nitrate d'argent sur la face an-

térieure de la cornée, on arrive à fixer et à imprégner les cellules de l'épithélium cornéen postérieur. Ce sont là des expériences qui ont été instituées par plusieurs auteurs, entre autres M. Ranvier.

J'ai obtenu de la sorte la nitratation des cellules au bout de vingt-quatre heures chez la grenouille; les cellules étaient fixées par le réactif sous une forme polygonale; leurs contours, nettement tracés par l'argent, n'étaient pas rectilignes, mais légèrement sinueux. De plus les cellules avaient subi une forte imprégnation positive; leur protoplasma était teinté en jaune brun. Il est en effet remarquable que, ainsi que l'a vu M. Ranvier, les cellules épithéliales de Descemet s'imprègnent avec une très grande facilité.

Ayant passé d'autre part au crayon de nitrate d'argent la surface antérieure de la cornée d'une grenouille, et fait l'examen de l'épithélium postérieur une heure après l'opération, je constatai que les cellules étaient déjà fortement imprégnées d'une façon positive (preuve évidente que le nitrate était parvenu jusqu'à l'épithléium de Descemet et avait agi), mais que leurs contours ne l'étaient pas. Les cellules se montrant d'ailleurs séparées par de larges espaces intercellulaires, il eût été difficile que l'imprégnation de ces espaces se fît dans ces conditions. Le protoplasma de ces cellules était coloré par l'argent, brun marbré; il était limité par des contours crénelés. Le noyau, de forme bizarre, était incolore. C'était évidemment à des éléments déformés que l'on avait affaire. La figure 12 représente une portion de l'épithélium, portion des moins modifiées. La déformation était telle, sur les bords de la préparation, que les cellules étaient entièrement irrégulières et déchiquetées; en même temps les cellules étaient là séparées par de très larges intervalles. L'irrégularité et la bizarrerie des cellules épithéliales était telle qu'on eût pu croire à cet endroit avoir devant soi le tissu propre de la cornée imprégné d'argent, si le plan cellulaire de Descemet à cette place ne s'était trouvé en continuité parfaite avec les régions franchement épithéliales; d'ailleurs la façon dont le tissu était imprégné n'eût pas un seul instant permis la confusion. Le tissu cornéen s'imprègne en effet par sa substance intercellulaire qui devient d'un brun foncé, tandis que les cellules ne sont qu'à peine teintées; l'épithélium de Descemet au contraire n'est pas imprégné du tout dans sa substance intercellulaire, dans ce cas-ci tout au

moins, tandis que le nitrate a été réduit par la substance même des cellules. En d'autres termes, il y avait ici déformation et imprégnation positive seulement des cellules épithéliales.

Les auteurs qui ont étudié l'action du nitrate d'argent en solution ont tous vu qu'il agit différemment suivant le degré de concentration de cette solution. Preiss entre autres a fait voir que si l'on emploie une solution à $\frac{1}{100}$, les éléments sont fixés dans une forme polygonale, au lieu que l'usage d'une solution à $\frac{0,25}{100}$ fournit de tout autres aspects.

C'est pourquoi j'ai expérimenté avec ces deux solutions. Une membrane de Descemet du pigeon a été traitée par le nitrate d'argent à $\frac{1}{100}$. Une autre l'a été par une solution quatre fois plus faible que la précédente. Mais ici une question de technique se pose. Comment agira la solution ?

Il est convenu que pour le nitrate d'argent comme pour les autres réactifs, la chambre antérieure sera ouverte dans le réactif même. Mais la chambre antérieure contenant l'humeur aqueuse, il va se faire un précipité extrêmement abondant de chlorure et d'albuminate d'argent, si l'on n'a pas le soin de laver préalablement l'épithélium postérieur par l'immersion dans l'eau distillée. Un tel lavage nous est cependant interdit; car le contact de l'eau exposerait les éléments épithéliaux à des déformations qui pourraient être des causes puissantes d'erreur. Aussi ai-je renoncé à laver la chambre antérieure de l'œil et ai-je opéré en plongeant l'œil dans une grande quantité de la solution de nitrate pour que le précipité qui se forme n'en affaiblisse pas le titre, et agitant constamment tandis que j'ouvrais la chambre antérieure. C'est en opérant de la sorte que j'ai obtenu chez la grenouille un dessin épithélial très pur, malgré des taches superficielles de chlorure et d'alluminate d'argent, qu'il était d'ailleurs aisé de reconnaître. Ce dessin limitait des cellules polygonales dans leur contour général, mais à côté légèrement sinueux (fig. 12); les traits quoique fins étaient cependant à double contour; les noyaux étaient ménagés en clair; le protoplasma se montrait comme marbré. L'aspect était celui que M. Ranvier a représenté.

Mais revenons à la membrane épithéliale du pigeon. Traitées par le procédé que je viens de dire à l'aide d'une solution de nitrate à $\frac{1}{100}$, les cellules avaient subi l'imprégnation positive; le noyau n'était pas asolument ménagé en clair; il avait réduit un

peu le nitrate, assez faiblement toutefois pour se détacher nettement sur le protoplasma beaucoup plus fortement coloré. Chaque cellule était de toutes parts bordée par un trait noir; de la sorte il y avait entre deux cellules contiguës deux traits noirs. Entre ces deux traits de bordure un espace linéaire était laissé parfaitement clair, un peu sombre seulement lorsqu'il était très étroit, sans doute par un simple jeu de lumière. En plusieurs points, les cellules étaient un peu écartées les unes des autres; l'espace qui les séparait était alors souvent assez large et elliptique; et dans ces conditions on pouvait se convaincre de l'absence totale d'un ciment intercellulaire, au sens propre du mot, qui eût été interposé aux deux traits de bordure des deux cellules, les séparant et les réunissant tout ensemble; bien plus, il n'y avait entre deux cellules voisines pas trace de matière albuminoïde susceptible de fixer l'argent et de prendre la coloration brune ou noire (fig. 10).

Sur une préparation de chat nouveau-né, que j'ai déjà eu l'occasion de signaler, j'ai obtenu un aspect semblable. Seulement ici un trait brun restait, intermédiaire aux deux lignes dont chacune bordait une cellule; ici on aurait pu parler de ciment, ou tout au moins de matière albuminoïde susceptible de réduire le nitrate d'argent.

Traitant d'autre part par le nitrate d'argent à $\frac{0,25}{100}$ une membrane épithéliale de Descemet du pigeon, voici ce que j'ai observé. Dans la plus grande étendue de la préparation, dans la région centrale du cercle que représente la membrane de Descemet, les cellules étaient séparées par des traits noirs, simples et minces et légèrement ondulés. M. Ranvier, Schwalbe (1) ont obtenu de pareilles imprégnations que l'on peut qualifier de parfaitement réussies, et qui ressemblent à celles que donnerait par exemple la nitratation du mésentère. Seulement ici, de plus que dans le mésentère, il y avait une légère imprégnation positive des éléments cellulaires. Sur les bords de la préparation, et par conséquent dans une région périphérique annulaire de la membrane, l'aspect changeait. Un rang de cellules montrait, sur celui de leurs côtés qui se tournait vers la périphérie de la membrane, comme un semis de grains réfringents ou noirs suivant la mise au point, ne ressemblant en rien aux précipités d'albu-

(1) Schwalbe. (Manuel d'anatomie de Schwalbe et Hoffmann.)

minate d'argent, et ayant d'ailleurs une certaine régularité dans leur disposition. Cela n'empêchait pas que de ce côté, la cellule était limitée par un trait noir parfaitement continu. Les rangs de cellules situées au delà de cette rangée offraient un aspect caractéristique. Leurs limites étaient formées par des traits sinueux et interrompus, comme si l'on eût été en présence d'un épithélium lymphatique mal imprégné. Je laisse pour le moment de côté toute interprétation de ces résultats.

Je termine l'exposition de ces faits en mentionnant des imprégnations faites sur le chat nouveau-né à l'aide de solutions à $\frac{1}{100}$ et à $\frac{0.25}{100}$. Dans le cas d'une solution à $\frac{1}{100}$ j'ai obtenu de petites lignes de contours cellulaires un peu tourmentées, et très fines. Dans le cas de solutions à $\frac{0.25}{100}$ comme aussi à la suite de la cautérisation au crayon de nitrate de la surface antérieure de la cornée, c'était au contraire l'aspect figuré en (5) que j'observais.

Avant de passer à l'interprétation des faits qui viennent d'être rapportés, je ferai remarquer que j'ai relaté dans cette description tous les faits qui me paraissent importants, aussi bien ceux qui se groupaient pour se corroborer les uns les autres que ceux qui se présentaient avec des formes contradictoires. C'est pourquoi je n'ai pas la prétention d'interpréter tous les faits que j'ai vus et décrits.

A côté de certains faits accessoires, il est une disposition d'importance première que j'ai signalée bien des fois dans le cours de cette exposition ; c'est la présence de ponts et d'espaces intercellulaires. Les ponts et espaces intercellulaires ont-ils la valeur d'une disposition physiologique ? Quelle est leur signification? Quel est le mécanisme qui préside à leur formation? Tels sont les problèmes que nous avons à nous poser, non pas à propos des épithéliums en général, mais seulement au sujet de l'épithélium de Descemet. Je laisse en effet pour plus tard l'exposé et la discussion de ces questions, au point de vue de la morphologie générale des épithéliums.

La première question : les espaces et ponts intercellulaires ont-ils, en dehors de l'expérimentation, une existence réelle? a déjà été posée et résolue affirmativement par Klebs en 1864. Klebs voyait ces ponts et espaces prendre naissance à la suite d'irritations de la cornée, telles que l'abrasion de l'épithélium antérieur

ou par l'immersion de la cornée dans l'eau il avait mis les phénomènes qu'il observait sur le compte de la contraction des éléments cellulaires.

Plus tard, un certain nombre d'auteurs allemands ont rempli les espaces intercellulaires avec différentes substances liquides ou bien par divers pigments, pendant la vie de l'animal même, et ont pu en conclure que, puisque ces substances s'étaient répandues dans ces espaces sur la cornée vivante, il fallait bien attribuer à ces lacunes une existence réelle, et l'on ne pouvait voir simplement en elles le résultat de déformations cadavériques de l'épithélium.

Ainsi a fait Knies, qui le premier, je crois, a parlé de stomates mis en évidence par injection. En même temps que lui, d'ailleurs, Ciaccio arrivait au même résultat par une autre méthode d'investigation.

Ainsi également a conclu Leber qui, à la suite d'injections de terpentinol principalement, a vu, sur l'épithélium postérieur et surtout sur l'épithélium antérieur de la cornée, que les espaces intercellulaires et même un espace périnucléaire se remplissaient de gouttelettes de terpentinol. Raehlmann obtenait ces espaces injectés en noir pâr l'encre de Chine.

Brugsch par ses injections était arrivé à des résultats différents. La matière pigmentaire qu'il avait fait pénétrer dans la chambre antérieure n'occupait pas les espaces intercellulaires, mais bien le protoplasma même des éléments, autour du noyau surtout, ainsi que les prolongements de ce protoplasma. Lui aussi avait vu des stomates entre les cellules; mais ces stomates il les avait trouvés vides.

A côté de ces auteurs qui ont affirmé l'existence réelle des espaces intercellulaires, quelques histologistes ont émis des doutes, ou même ont nié que ce soit là une disposition physiologique. Leber lui-même qui a admis en principe les espaces intercellulaires les considère « comme l'exagération d'un phénomène normal; » il émet quelques hypothèses au sujet de la cause qui développe d'une manière exagérée ces lacunes. Les espaces existant déjà normalement, dit-il, deviendraient plus grands par le fait de l'afflux de liquide; en même temps les cellules subiraient une légère hypertrophie par laquelle s'agrandiraient leurs piquants et toutes leurs saillies en général qui élargiraient en-

suite activement les espaces intercellulaires. Bien plus, Waldeyer en 1874 émet des doutes sérieux sur la réalité de l'existence des stomates intercellulaires, au moins pour ce qui concerne la membrane épithéliale de Descemet. Bien plus encore, M. Ranvier nie ces stomates.

Ainsi ont pensé les histologistes qui ont étudié l'épithélium de Descemet. Pour moi, la réponse à cette question « quelle est la valeur et la signification des espaces intercellulaires, » je ne pourrai la donner évidemment qu'après avoir étudié le mécanisme de leur formation.

Des cellules épithéliales, à l'état statique, ne peuvent avoir entre elles que deux sortes de rapports anatomiques. Ou bien elles se touchent soit partiellement, soit par toute l'étendue de leurs surfaces; ou bien elles ne se touchent pas.

Dans ce dernier cas, il existe primitivement des espaces lacunaires entre les cellules. Dans ce dernier cas également, on peut penser (et beaucoup d'auteurs ont émis cette opinion) que les cellules se sont envoyé des prolongements amiboïdes à travers ces espaces, que ces prolongements partant de deux cellules voisines en sens opposé, venaient à la rencontre l'un de l'autre, et se soudaient ensuite; cette soudure était indiquée par une petite nodosité située au point de jonction des deux prolongements (1). Certaines des préparations que j'ai figurées permettent une semblable interprétation; par exemple la figure 1 montre des prolongements qui paraissent aller au-devant les uns des autres; il est vrai que cette préparation pourrait s'interpréter tout autrement. D'autres aspects, et ils sont nombreux, ne sauraient donner place à un tel mécanisme; et dès lors on est forcé de reconnaître que si la formation des ponts intercellulaires dans des espaces intercellulaires préformés peut se faire quelquefois par prolongements intercellulaires amiboïdes, ce mécanisme n'est pas cependant général. Comment, en effet, avec ce processus, expliquer les nombreuses préparations dont le type est dessiné en (4) où les cellules étaient en si intime contact qu'elles étaient confondues? Comment l'admettre avec le réseau protoplasmique de la figure 20? Comment expliquer les préparations nitratées. On dira bien que ces dernières montrent souvent un

(1) Je rappelle que j'ai signalé chez le pigeon une semblable image, obtenue à l'aide de l'acide osmique.

espace linéaire vide entre deux cellules voisines, que cet espace peut s'agrandir ainsi que l'avait pensé Leber, par afflux de liquide, et qu'alors il peut suffire à loger des prolongements cellulaires aussi longs que ceux des figures 1 et 6. Mais il faut avouer que cette cellule qui est obligée nécessairement de se rapetisser puisque tous les espaces qui l'entourent augmentent par afflux de liquide, a des allures bien singulières, lorsqu'à la suite de ce phénomène purement passif, elle use de son activité pour s'unir à grande distance (fig. 14), par des prolongements amiboïdes avec les cellules qui l'environnent.

On peut en second lieu partir de cette idée bien plus conforme à ce que l'on connaît des épithéliums en général, que les cellules sont en contact par toute l'étendue de leurs surfaces ou par quelques-uns des points seulement de cette surface; dans ce dernier cas il peut se faire qu'entre les points où les cellules sont en continuité de substance, un ciment intercellulaire soit épanché qui unit secondairement les cellules au niveau de leurs solutions de continuité. Et ici, s'il m'est permis de faire une courte incursion dans le domaine de la morphologie générale des épithéliums, ce serait, ce me semble, une intéressante acquisition pour la science histologique, que de montrer par l'étude du développement, que lors de la division cellulaire les cellules filles ne perdent pas complètement le contact, mais restent adhérentes en certains points; ces points ou ponts d'anastomose pourront s'allonger et devront s'allonger en filaments, lorqu'un liquide s'accumulera entre les cellules voisines au niveau des parties de leurs surfaces simplement contiguës. C'est l'idée qu'a exprimée M. Ranvier, à la suite de ses recherches sur le réseau muqueux de Malpighi (1). C'est aussi et surtout Mitrophanow qui dernièrement pense être arrivé, par l'étude du développement de la peau chez les Batraciens, à de semblables conclusions (2).

Y a-t-il des raisons de croire, à la suite des observations que j'ai relatées, que les cellules épithéliales de Descemet ont entre elles des points d'attache? Oui et non.

Non, de par certaines préparations, celles de nitrate d'argent surtout, et quelques-unes aussi à l'acide osmique. Ces dernières

(1) L. Ranvier. *Comptes rendus.*

(2) Mitrophanow. *Sur les espaces et les ponts intercellulaires dans l'épithélium* (Zeitschrifft fur Wiss. Zool., 1884).

nous ont fait voir plusieurs fois, par exemple figure 3, que les cellules sont limitées par un trait qui a l'aspect d'une membrane, que ce trait n'est nulle part interrompu, et que nulle part, par conséquent, il n'y aurait continuité des protoplasmas. Les préparations au nitrate d'argent sont encore mieux de nature à faire nier ces points d'attache. Ainsi parlent contre eux les figures 11, 5, 10 et 12, qui montrent : la première un ciment continu sous forme d'un trait à double contour, la deuxième un trait noir limitant chaque cellule de toutes parts, et une bande brune interposée aux traits de bordure des deux cellules contiguës et probablement de signification cimentaire; la figure 10, au lieu de cette bande de substance analogue à un ciment, montre un espace linéaire vide; la figure 12 fait voir enfin les cellules absolument écartées. Mais je laisserai de côté cette préparation pour deux raisons : parce que d'abord elle appartient à la grenouille chez laquelle l'absence de membrane de Descemet met les cellules dans des conditions autres que celles où elles se trouvent chez d'autres animaux où la membrane anhiste existe, parce que ensuite ces cellules étaient évidemment altérées, comme j'en ai pu juger par les régions voisines de celle qui a été ici représentée. Quant aux préparations nitratées qui montrent un trait continu noir entre deux cellules, elles-mêmes ne prouvent rien contre l'existence d'anastomoses cellulaires. En effet, les cellules épithéliales de Descemet ont une certaine hauteur; elle est faible il est vrai chez la grenouille, mais elle est très marquée chez les autres animaux. Si l'on imprègne d'argent les contours des cellules, comme les ponts anastomotiques n'occupent pas toute l'épaisseur de la cellule, et qu'il reste toujours au-dessus ou au-dessous d'eux une certaine épaisseur de ciment ou de substance intercellulaire capable de réduire le nitrate d'argent, on pourra ne voir partout qu'un trait continu, malgré la présence de ponts d'anastomose. Il ne faut pas oublier en effet que c'est de noir qu'il s'agit ici, et qu'une épaisseur même faible de ciment noirci nous fait la même impression qu'une épaisseur forte. Ainsi peut faire illusion sur l'absence de continuité intercellulaire toute imprégnation au nitrate d'argent.

Les préparations sont au contraire nombreuses, où il est évident que les cellules sont complètement ou partiellement confluentes. Je rappelle la figure 4, les figures 15, 18, 20 et bien

d'autres préparations où les cellules sont en complète continuité. Enfin, un autre aspect ne doit pas être négligé, c'est la figure 9 qui le fournit; elle est obtenue par imprégnation au nitrate d'argent. Cette préparation, qui offre dans toute sa partie centrale des traits noirs interrompus délimitant les cellules, nous montre, dans la zone périphérique de la membrane épithéliale, les cellules délimitées seulement incomplètement par des tronçons de lignes noires entre lesquels se trouvent ménagés en clair des espaces par lesquels communiquent ces cellules. Je ne trouve pas d'explication pour les cellules à rangées de grains qui sont intermédiaires aux cellules complètement et aux cellules incomplètement limitées. Mais pour ces dernières, on expliquera leur aspect, tout de suite, par une idée qui se présente sur le champ à l'esprit, en disant qu'il est dû à une imprégnation incomplète.

On dira que le réactif n'a pas partout agi. C'est l'interprétation que l'on donne couramment de pareilles images. Mais faut-il toujours les mettre sur le compte d'une nitratation imparfaite? Et ici n'est-il pas difficile de comprendre pourquoi, à côté de cellules parfaitement imprégnées et à quelques centièmes de millimètre plus loin, il en est d'autres qui le sont mal? Il est plus vraisemblable de mettre sur le compte d'un état différent des cellules, une action que l'on trouve différente, lorsqu'elle agit dans une étendue microscopique. Quel est cet état? C'est celui de ponts et d'espaces intercellulaires. Les parties continues des cellules voisines se sont allongées en filaments, en même temps qu'augmentaient les espaces intercellulaires. Les anastomoses qui étaient à l'état latent dans les cellules nitratées (*a*) sont dans les cellules (*b*) devenues évidentes par absence de réduction du nitrate à leur niveau. Comment et pourquoi cet état se montre-t-il dans les cellules (*b*) avec autant de netteté, tandis qu'il n'est qu'en puissance en (*a*)? C'est que les cellules ont été diversement impressionnées par le réactif, parce que leur nature est autre, plus spécialement parce que peut-être elles ne sont pas du même âge. J'avoue que ces interprétations, tout hypothétiques qu'elles puissent paraître, me semblent préférables à celles qui attribueraient les aspects en question à une action défectueuse du réactif; celles-ci n'auront même jamais la valeur d'une hypothèse et ne seront qu'un *a priori*; car jamais on ne pourra prouver

d'une façon certaine et absolue qu'un réactif a eu une action défectueuse.

Ainsi, nous sommes conduit à penser que les cellules sont en continuité par certaines parties de leur substance, tandis qu'en d'autres points de leur surface elles sont simplement contiguës, séparées et réunies tout à la fois par un ciment ou plus généralement une substance intercellulaire. Nous pouvons à cet égard accepter pleinement les vues de Leber. Mais à l'état statique, ces anastomoses intercellulaires ne sont pas évidentes; ces espaces intercellulaires, où est contenue la substance cimentante, ne sont que des espaces virtuels. Il faut, pour rendre apparents les espaces et ponts intercellulaires, un agent qui change en état dynamique l'état statique des éléments. Ou tout au moins, pour ne pas préjuger ici sur la manière d'être des cellules, il faut un réactif qui exagère la disposition qui n'est à l'état normal qu'indiquée, qui n'y existe, si je puis dire, qu'en puissance.

On a remarqué que dans les tissus épithéliaux enflammés, on observait bien plus facilement la disposition en question que dans les tissus normaux. De là l'idée qui est venue à certains auteurs d'irriter, d'enflammer la cornée, soit par abrasion, soit par légère cautérisation au nitrate d'argent, de l'épithélium antérieur de la cornée. Ainsi opérait Klebs. Preiss agissait sur les éléments épithéliaux de Descemet en les plongeant dans un milieu anormal, l'eau, le nitrate d'argent faible; il voyait se développer les ponts et les espaces intercellulaires, puis il plongeait de nouveau la membrane dans l'humeur aqueuse, milieu normal, et tout rentrait dans l'ordre; il ne voyait alors plus rien : les cellules ne sont pas visibles, on le sait, quand on les observe dans leur liquide naturel. Mais est-il bien nécessaire de produire exprès cette irritation et les réactifs que nous sommes obligés d'employer pour bien voir, les éléments n'ont-ils pas suffisamment cette influence irritative? Certains même n'irritent-ils pas outre mesure les cellules? L'air n'est-il pas de ces derniers? Mais même en évitant l'action de l'air, agent trop énergique, en employant des réactifs qui passent pour fixer instantanément les cellules, il ne faut pas espérer de cette fixation qu'elle aura une instantanéité absolue; les réactifs tuent les cellules; certains le font très rapidement, mais il y a toujours cependant une période agonale pendant laquelle les cellules réagissent contre le milieu

nouveau, anormal, fatal, qui leur est offert. Pendant cette période d'agonie, qui existe toujours, quelque courte qu'elle soit, et dont la longueur dépend du pouvoir fixateur du réactif employé, les cellules sont à l'état dynamique, et la mort les surprend en cet état. Bien plus, en dehors de l'action de tout réactif, la mort naturelle des éléments qui se fait après une phase où les cellules luttent, peut aussi nous montrer des aspects semblables; les cellules, mortes, comme on dit, de leur belle mort, sont à l'état dynamique, comme elles le sont après l'action des réactifs qui les ont tuées. Et si nous pouvons observer les ponts et espaces intercellulaires après la mort pure et simple des éléments, à condition bien entendu que ces éléments morts aient été traités de telle sorte que toute altération ultérieure cadavérique soit évitée, nous pouvons mettre sur le même rang que les réactifs la mort naturelle, et dire que tous peuvent produire dans les cellules de Descemet un état dynamique, l'exagération au moins de la disposition normale, l'aspect d'espaces et de ponts intercellulaires. Nos recherches cependant ne sont pas de nature à permettre d'affirmer que la mort ait sur les éléments en question une pareille influence; car souvent après avoir laissé mourir les éléments cellulaires, nous n'avons observé en eux que l'état ordinaire et statique.

Lorsque nous avons permis à l'air d'exercer une action sur la membrane épithéliale, nous avons observé, très généralement, que son influence avait eu pour effet d'écarter davantage encore de la disposition statique les cellules qui avaient éprouvé son contact. En d'autres termes, l'air, plus un réactif, irritait les cellules bien plus que le réactif tout seul. Ce fait était surtout évident, lorsque nous nous servions de réactifs fixateurs qui passent pour peu énergiques; l'air ayant agi, ces réactifs ne suffisaient pas à entraver, à arrêter son action. Au contraire mettant en usage, eprès l'influence de l'air, un puissant fixateur tel que l'acide osmique, la cellule était tuée rapidement, alors que les modifications que l'air lui avait imprimées étaient peu avancées; dans cette circonstance elle se présentait à peu près avec les mêmes aspects qu'une cellule soumise à l'action de l'acide osmique seul. Cependant cette action de l'air, venant se surajouter à celle du réactif et l'exagérant, ne se dégage pas, je le reconnais, des

observations que j'ai faites, avec toute la netteté à laquelle j'avais cru pouvoir m'attendre.

Nous pouvons penser donc que les aspects que nous avons décrits ne sont que des amplifications dynamiques d'une disposition normale et statique; nous avons vu que les agents amplificateurs sont multiples. Nous avons vu aussi que ce sont les espaces et ponts intercellulaires qui se sont accrus en importance sous l'influence de ces agents, au point d'apparaître aisément à nos yeux. Mais quelle est au juste cette influence, que j'ai qualifiée par anticipation d'irritative, alors que je n'en avais pas encore le droit? Est-elle mécanique? Est-elle d'ordre vital, réellement irritative alors?

Ou bien, ce qui revient au même, quel est le mécanisme intime de la formation des ponts et espaces intercellulaires?

Je crois que les deux influences mécanique et irritative concourent simultanément à la production de la disposition qui nous occupe.

Et tout d'abord, comment agit l'influence mécanique du réactif? On a des raisons de croire, ainsi qu'il est dit plus haut, que des espaces intercellulaires minimes existent entre les cellules épithéliales de Descemet, remplis d'ailleurs par cette substance sur laquelle on n'est pas bien d'accord et qu'on est convenu d'appeler ciment. Les injections que beaucoup d'auteurs ont fait pénétrer dans la chambre antérieure, distendent et rendent apparents ces espaces. D'autres fois, cette distension est due à des éléments vivants, à des globules blancs; d'autres fois encore, à des extrémités nerveuses. A l'état normal, l'humeur aqueuse n'agrandit pas ces espaces, car les cellules vivantes sont, si rien ne vient agir sur elles, dans un état de tension, d'élasticité tel qu'elles restent étendues presque au contact, unies tout à la fois par leurs anastomoses naturelles et par le ciment intercellulaire (1). Qu'un réactif vienne maintenant agir sur la membrane

(1) Étant donnée la courbure de la membrane épithéliale de Descemet, et les différences de tension qui existent sans doute entre la partie profonde (tournée vers la membrane anhiste), et la partie superficielle (qui est baignée par l'humeur aqueuse) où les espaces intercellulaires se montrent agrandis et évidents dans la première bien avant qu'ils ne paraissent dans la seconde, je ne puis m'empêcher de songer aux conditions de courbures analogues causées dans les végétaux par des différences de tension dues elles-mêmes à des différences d'imbibition cellulaires; ces causes déterminent des courbures permanentes dans les végétaux ou bien des courbures tempo-

épithéliale pour la faire mourir, le liquide contenu dans ce réactif ou bien le liquide même d'imbibition des cellules s'accumulera dans ces espaces pour les agrandir mécaniquement, en même temps que les ponts d'union cellulaires distendus s'allongeront en filaments, en même temps que le corps cellulaire se rétractera.

Par la rétraction cellulaire, par le débordement liquide dans les interstices intercellulaires, les espaces intercellulaires seront agrandis et ainsi démontrés. Mais des interstices très minimes susceptibles d'être distendus ne se rencontrent pas seulement entre les cellules, mais encore dans l'intérieur même de ces cellules, dans l'épaisseur même du protoplasma. A l'état normal, ces interstices sont remplis d'une substance plus molle, plus fluide que celle qui les entoure sous forme d'un réticulum délicat. Certains réactifs comme on le sait agissent en augmentant la différence de réfringence entre le contenu des mailles et la substance du réseau, hydratant le premier, déshydratant et rétractant la seconde. De là dans certaines de nos préparations l'aspect réticulé du protoplasma.

Autour du noyau existe encore un espace, périnucléaire, qui peut se distendre beaucoup, par le même mécanisme. On peut voir alors de cet espace périnucléaire s'irradier, vers la périphérie de la cellule, des fissures (fig. 13); cette figure montre assez évidemment que les fentes partent de l'espace périnucléaire, et non des espaces intercellulaires qui sont restés latents. Si les deux ordres d'interstices se développent en même temps, des fissures pourront s'étendre de l'un à l'autre, de l'espace périnucléaire à l'espace péricellulaire (fig. 19). Si la lacune où le noyau est plongé est seule agrandie, on observera des aspects tels que ceux de la figure 20 et les protoplasmas des cellules contiguës sembleront fusionnés en un réseau. Si le développement de l'espace péricluneáire se fait en même temps que la vacuolisation du protoplasma, on obtiendra la figure 17 qui se trouvait appartenir à la même préparation que la figure 18. Dans cette dernière, le protoplasma vacuolé se montrait comme formé d'une trame réti-

raires que tout le monde connaît dans les feuilles de la sensitive, les stigmates des Mimulus, etc. Comme il s'agit là de lois qui régissent la biologie cellulaire tout entière, de tels rapprochements sont justifiés. Il y aurait en tout cas peut-être, d'intéressantes observations à faire dans ce sens.

culée délicate; ce réticulum avait une réfringence très marquée qui l'était d'autant plus que les vacuoles étaient plus accentuées, et que par suite il était lui-même plus rétracté. La concentration de la substance de ce réticulum mène à l'aspect très réfringent que présentaient les trabécules de la figure 17. Seulement là, le noyau étant tombé par suite déjà de l'agrandissement excessif de l'espace périnucléaire, la rétraction protoplasmique avait été portée très loin.

Jusqu'ici, il n'a été question que de l'action mécanique des réactifs sur la membrane épithéliale. Cette action détermine des aspects variés suivant qu'elle amplifie les espaces péricellulaires, intercellulaires, périnucléaires, suivant que ces différents interstices sont séparément agrandis, ou que l'élargissement des uns se fait concourremment avec celui des autres. Mais n'y a-t-il que cette influence que subissent les cellules d'une façon passive, dont il faille tenir compte. Les cellules ne peuvent-elles pas réagir activement contre l'agent qui les irrite et les tue ensuite. Et si elles réagissent, ne peuvent-elles pas produire de la sorte des effets adjuvants des influences mécaniques de tout à l'heure; en d'autres termes, l'activité propre de la cellule, ne peut-elle pas coïncider sans être en rapport de cause à effet avec la rétraction mécaniqne des cellules? Klebs, Preiss, dans leurs expériences sur les cellules vivantes, parlent de contraction cellulaire, de contractilité cellulaire mise en jeu. Pour nous, nous avons des raisons de penser que cette contractilité existe, et que nous en avons observé les effets. C'est ici le cas de rappeler les dispositions qui sont figurées en 20 et 6, en 7 B et que j'ai observées dans d'autres préparations qui n'ont pas été représentées. En voyant dans ces préparations le protoplasma disposer ses granulations en séries radiales, alors qu'ailleurs elles étaient disséminées sans ordre, en voyant de plus se former par fusion des grains d'une même série des bâtonnets moniliformes qui ne sont autre chose que les ponts ou filaments intercellulaires, je n'ai pu m'empêcher de songer aux bâtonnets contractiles des cellules du rein et des conduits excréteurs des glandes, et surtout le travail d'ensemble de M. Hippolyte Martin m'est revenu à l'esprit. Dans ce mémoire se trouve affirmée la structure histologique de tout élément contractile. Du moment que cette structure je la retrouve dans les cellules de la membrane épi-

théliale de Descemet, je puis accorder à ces éléments la propriété de contractilité. Je ne sais si la disposition en question vaut réellement pour caractériser la substance contractile ; je ne fais que me conformer à l'état actuel de la science à cet égard; aujourd'hui et jusqu'à nouvel ordre, la présence du protoplasma à bâtonnets, et surtout celle de grains dans ces bâtonnets, passent pour preuves de l'état contracté ou tout au moins de la propriété contractile.

Je crois que le plus souvent la rétraction, due à une influence purement mécanique, et la contraction, produite par une véritable irritation, se sont jointes pour déterminer dans nos éléments épithéliaux les aspects qui nous occupent. Mais, quelquefois aussi, ces deux puissances ont pu intervenir séparément. Avec ce que l'on sait actuellement sur la contraction, étant donné que cet état n'implique nullement un resserrement de la substance protoplasmique, mais seulement un arrangement différent de cette substance, nous pouvons comprendre que, si très souvent nos cellules sont mortes rétractées et contractées, il a pu arriver aussi qu'elles meurent étendues et contractées, leur équilibre réciproque n'ayant pas été rompu, et toutes les unités constitutives de la membrane ayant gardé leurs rapports d'élasticité et de tension. D'autre part, sous l'action de certains réactifs, la rétraction seule a produit ces effets, la figure 12 le montre.

Mais il ne suffit pas d'avoir, sur des préparations que des moyens artificiels ont seuls produites, déterminé la formation d'espaces et de ponts intercellulaires. Il faut encore, pour que cette disposition ait une valeur, montrer qu'elle peut être physiologique, et qu'alors elle se présente à l'état normal avec les mêmes caractères que notre technique histologique nous a révélés en les exagérant. Un excitant physiologique existe-t-il qui produit le retrait et la contraction que déterminent nos expériences? Par suite, la disposition d'espaces et de ponts intercellulaires, qui est la conséquence des ces phénomènes, est-elle normale? C'est difficile à dire de par l'observation directe, car, dans les conditions où l'on examine la membrane épithéliale vivante dans l'humeur aqueuse, on voit mal, ou même on ne voit rien. Mais comme les réactifs ne font qu'exagérer, pour nous la rendre évidente, une disposition qui normalement existe, quoiqu'en puissance seulement; comme à la suite de l'action de

ces réactifs des preuves probables nous sont fournies en faveur d'un état qui n'a rien de cadavérique puisqu'il s'agit de contraction cellulaire, nous pouvons penser que les ponts et les espaces intercellulaires sont normalement possibles avec les caractères que nous leur avons reconnus, lorsqu'agit l'excitant physiologique.

Et maintenant l'importance et la signification de ces espaces et de ces ponts n'échappent à personne. Par leur présence, se trouvent singulièrement modifiées et la morphologie et la physiologie des épithéliums en général. Les espaces intercellulaires sont, pour le matériel de nutrition des tissus épithéliaux, les voies de circulation, les ponts sont le dispositif qui règle cette circulation. Voilà qui s'applique à tous les épithéliums où l'on a des raisons de croire que la disposition en question se trouve.

Quant à la membrane épithéliale de Descemet en particulier, j'ai dit déjà que sa physiologie locale était pleinement influencée par la présence d'espaces stomatiques et de ponts d'union intercellulaires. S'ils existent, l'épithélium se comporte comme un filtre régulateur qui laisse passer plus ou moins les liquides de la chambre antérieure, soit de dedans en dehors, soit dans le sens inverse, c'est-à-dire de la chambre antérieure dans le tissu cornéen même ; on comprend alors que la nutrition de la cornée se ressente de l'action et de l'état de cet épithélium. Dans ses expériences purement physiologiques, Knies était arrivé à cette même conclusion, que l'épithélium de Descemet agit à la manière d'un filtre.

Mais je m'arrête dans ces considérations physiologiques qui ne sont pas de mon sujet.

Les résultats de mes observations me semblent pouvoir être ainsi résumés :

Les espaces et ponts intercellulaires existent à l'état normal, mais ils n'y sont que virtuels pour ainsi dire.

Les réactifs rendent cette disposition évidente en l'exagérant, mais il faut se rendre compte de ce qu'il peut y avoir d'excessif dans cette amplification.

L'action des réactifs est double : mécanique, elle produit la rétraction cellulaire; irritante, elle détermine la contraction des cellules. La structure histologique de celles-ci à ce moment nous en donne des preuves.

Physiologiquement les espaces et ponts intercellulaires semblent possibles, et ont des conséquences importantes au point de vue de la morphologie générale et de la physiologie des épithéliums et sous le rapport de la physiologie spéciale de l'épithélium de Descemet.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XII.

FIG. 1. — Lapin albinos (liq. de Muller; picrocarmin, liq. Ripart). Verick, oc. 2, obj. 7.

FIG. 2 A. — Lapin albinos. Vue superficielle.

FIG. 2 B. — Vue profonde du même épithélium (liq. de Muller; picrocarmin, liq. Ripart). Verick, oc. 2, obj. 7.

FIG. 3. — Fœtus humain (6 mois) 12 heures après la mort. Ac. osmique à $\frac{1}{100}$ à corps réfringents énigmatiques. (Osm. picrocarmin, liq. Ripart.) Verick, ocul. 2, obj. 7, tube tiré.

FIG. 4. — Chat nouveau-né. (Ac. osmique $\frac{1}{100}$, liquide ripart.). Verick, oc. 2, obj. 8.

FIG. 5. — Chat nouveau-né. (Nitrate d'argent à $\frac{1}{100}$.) Verick, oc. 2, obj. 7, tube tiré.

FIG. 6. — Pigeon. (Verick, oc. 2, obj. 9, immersion.)

A (action de l'air, de l'acide osmique à $\frac{1}{100}$ ensuite, picrocarmin, liq. Ripart), figure demi-schématique.

B (action de l'air, de l'acide osmique à $\frac{1}{100}$ ensuite, liq. Ripart).

C (ac. osmique à $\frac{1}{100}$, liq. Ripart).

FIG. 7 A et B. — Cobaye. (Verick, oc. 2, obj. 9, immersion (tube tiré pour 7 A), ac. osm. $\frac{1}{100}$, liq. Ripart.)

FIG. 8 A et B. — Embryon de poulet, 12e jour (ac. osm. $\frac{1}{100}$, liq. Ripart).

FIG. 9. — Pigeon (bord de la préparation). Nitrate d'argent à $\frac{0.25}{100}$. Verick, oc. 2, obj. 6, tube tiré.

FIG. 10. — Pigeon. Nitrate d'argent à $\frac{1}{100}$. Verick, oc. 2, obj. 6, tube tiré.

FIG. 11. — Grenouille. Nitrate d'argent à $\frac{1}{100}$ ou à $\frac{0.25}{100}$. Verick, oc. 2, obj. 7.

FIG. 12. — Grenouille. Crayon de nitrate d'argent. Verick, oc. 2, obj. 7.

FIG. 13. — Pigeon. Ac. osmique $\frac{1}{100}$ picrocarmin, liq. Ripart. Verick, oc. 2, obj. 9, immersion tube tiré.

FIG. 14. — Pigeon. Même préparation, même grossissement.

FIG. 15. — Chat nouveau-né. (Ac. osmique $\frac{1}{100}$ picrocarmin, liq. Ripart.) (Verick, oc. 2, obj. 9, immersion); *f*, fissure dans l'épaisseur de l'épithélium.

FIG. 16. — Chat nouveau-né. (Ac. osmique à $\frac{1}{100}$ agissant 6 heures après la mort de l'animal, liq. Ripart.) Verick, oc. 2, obj. 9, immersion.

Fig. 17. — Chat nouveau-né. (Air. Acide osmique à $\frac{1}{100}$, picrocarmin, liq. Ripart.) Verick, oc. 2, obj. 8.

Fig. 18. — Chat nouveau-né. Même préparation.

Fig. 19. — Pigeon. (Air. Acide osmique $\frac{1}{100}$ vésuvine, liq. Ripart.) Vue superficielle. Verick, oc. 2, obj. 7, tube tiré.

Fig. 20. — Cobaye (injection d'acide osmique dans la chambre antérieure, picrocarmin, liq. Ripart). Verick, oc. 2, obj. 8.

STRUCTURE DES GLANDES ŒSOPHAGIENNES
CHEZ L'OCTOPUS VULGAIRE

Par A. PILLIET

(PLANCHE XIV.)

Chez les céphalopodes, il existe à la partie supérieure du tube digestif deux paires de glandes volumineuses, formant chacune une petite masse d'aspect acineux, bien limité, et s'ouvrant dans l'œsophage par un canal excréteur unique. Leur description est du ressort de l'anatomie comparée. Nous dirons ici un mot de leur structure, persuadés que l'étude de l'adaptation d'un même système, le système glandulaire, dans le cas présent aux besoins physiologiques variant pour chaque espèce vivante, peut montrer des rapports nouveaux et ne saurait être dédaigné.

Ces glandes ont extérieurement l'aspect de glandes en grappe; elles paraissent composées de grains jaunâtres, qu'il est toutefois presque impossible d'isoler. Ce qu'on constate d'abord en les examinant au microscope, soit par dissociation, soit par coupes, c'est qu'elles contiennent une grande quantité de cellules caliciformes à mucus. Aussi sont-elles communément envisagées comme analogues aux glandes salivaires muqueuses des vertébrés, et c'est ainsi, par exemple, que les considère M. Charles Livon, dans un travail assez récent et très étendu sur l'histologie des poulpes (1).

Pourtant, si l'on examine à un faible grossissement la coupe d'une de ces glandes, celle de la deuxième paire, ou paire intérieure, par exemple; après traitement par l'acide osmique et coloration par le carmin ou l'hématoxyline, on s'aperçoit que les choses sont un peu différentes et l'on peut assez facilement se rendre compte de la texture de la glande, avant de passer à l'étude de sa structure.

Sur une telle coupe, on distingue d'abord que les canaux glandulaires sont enveloppés dans un tissu interstitiel très abondant;

(1) Ch. Livon. — *Structure des viscères des Céphalopodes*, Journal de l'Anatomie, etc., 1881.

formant à peu près, quand on l'évalue ainsi superficiellement, le cinquième de la masse totale de la glande. Ce tissu, disons-le tout de suite pour n'avoir plus à y revenir, est formé sur certains points de cellules rondes, à noyaux sphériques, dans une substance amorphe, et sur certains autres, de cellules fusiformes au milieu d'une substance fibrillaire; on y voit des capillaires assez nombreux autour desquels les cellules sont aplaties concentriquement et quelques nerfs qui sont des fibres de Remak. Autour de chaque canal existe une gaîne lamelleuse épaisse, semblable à celle des tubes testiculaires.

Les canaux eux-mêmes sont coupés transversalement, obliquement ou selon leur longueur; ce qui permet de constater au premier coup d'œil qu'ils sont allongés, et qu'il ne s'agit pas là d'une glande acineuse. On distingue, à un faible grossissement que les canaux excréteurs, reconnaissables à leurs cellules opaques et striées en long sont très nombreux, que les canaux secréteurs présentent par place deux sortes de cellules, claires ou foncées et que les cellules foncées sont situées à la partie des tubes glandulaires la plus profonde, la plus éloignée du canal excréteur. Le nombre des tubes coupés en long est considérable. Ils ne sont pas groupés en îlots bien distincts, formant lobules, avec le canal excréteur au centre. Ils ne se touchent presque jamais, mais sont séparés par du tissu conjonctif.

Il est facile de conclure qu'on a affaire à une glande en tube ramifié, à une glande digitée, racémeuse, telle que les a décrites J. Renaut (1) et l'on peut la comparer aux glandes de Brunner du duodenum du chien, par exemple. Mêmes canaux profonds et ramifiés, mêmes cellules granuleuses au fond des culs-de-sacs. Quant à la constitution cellulaire de cette glande, elle est assez particulière. Un certain nombre de culs-de-sac, ceux dont le diamètre est le moindre, sont tapissés de cellules polyédriques, remplies de grosses granulations très abondantes, et ces cellules se touchent, ne laissant au centre du tube qu'une lumière imperceptible. Cette partie répond à la partie la plus reculée des canaux; ces cellules granuleuses sont en petit nombre, et font place rapidement à des éléments allongés, beaucoup plus volumineux, où n'existent plus ces gros grains des cellules précé-

(1) J. Renaut. *Essai d'une nomenclature méthodique des glandes*, Archives de Physiologie, n. 3, p. 301, 1881.

dentes, mais dont le corps cellulaire tout entier se colore fortement en noir par l'acide osmique. Il se colore aussi par l'hématoxyline et le picro-carmin. Ce sont là très probablement deux stades différents dans l'évolution d'une même cellule, et les réactions de ces éléments nous autorisent à penser que ce sont des cellules à ferment, d'après les recherches de Nussbaûm (1), d'après la distribution de ces cellules sur les coupes, on peut estimer qu'elles occupent à peu près le tiers profond des canaux. Dans tout le reste on voit des éléments allongés, de même forme qui sont des cellules caliciformes remplies de mucus restant clair par l'action de l'acide osmique.

Voilà pour les canaux secréteurs. Les canaux excréteurs présentent une disposition difficile à expliquer. On les voit tapissés d'une série de globes, ou de sphères opaques, disposée en rangée sur un seul rang. Ces globes sont tous entourés d'une zone claire, et le tout est noyé dans une substance opaque formant le revêtement du canal. Si l'on cherche à trouver les éléments cellulaires, voici ce que l'on constate : toute la bande épaisse, opaque, qui repose contre le paroi du tube, et dans laquelle sont contenus les éléments que nous venons d'indiquer, présente une citution manifeste semblable à celle des cellules des canaux excréteurs dans les glandes salivaires. Les globes eux-mêmes que nous avons signalés présentent cette même striation, et sont évidemment de même nature. Enfin, dans la zone claire qui entoure chaque globe, on découvre un noyau, situé du côté de la paroi et entouré d'une atmosphère cyloplastique claire. Chacun de ces globes répond donc à une cellule, et cette cellule est ainsi constituée : un corps cytoplasmique différencié d'une façon spéciale et strié en long, paraissant confondu sur ses limites latérales avec les cellules voisines semblables. Au centre de ce corps, le noyau entouré d'une zone cytoplasmique claire, et enfin au milieu de cette zone, un globule différencié, présentant l'aspect strié de la portion externe de la cellule. D'après certaines figures de Nussbaûm dans le mémoire que nous avons cité, nous croyons que cette portion du corps cellulaire est analogue à celle que cet auteur a vu s'éliminer dans les glandes gastriques de la salamandre. L'abondance de ces éléments, leur coloration foncée par l'acide

(1) Moritz Nussbaûm, Ueber den Bau und die Thätigkeit der Drusen, Archiv. für mikrosk. Anat. 1882, p. 296.

osmique, nous fait penser aussi qu'ils jouent un rôle dans la digestion. Cette glande est donc au point de vue de la structure une glande mixte, sécrétant à la fois du mucus et des ferments, car en effet, les cellules à ferment y sont différentes entre elles. C'est sans doute à ces organes que sont dus les sucs digestifs de l'estomac des Cephalopodes, car l'Octopus en particulier ne présente de glandes gastriques à ferment sur aucun point de son canal digestif, comme nous l'avons dit dans un précédent mémoire (1).

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIV.

Fig. 1. — Coupe de la 2e glande œsophagienne de l'Octopus vulgaris. Acide osmique, alcool, gomme et alcool. Coloration au picro-carmin.

- A. Tissu conjonctif.
- B. Gaîne lamelleuse des tubes.
- C. Tube à grosses cellules striées; *c*, coupe transverse d'un tube semblable.
- D. Tube à cellules granuleuses non striées, et à cellules homogènes mais opaques.
- E. Tube contenant surtout des cellules claires et homogènes, et quelques cellules granuleuses.
- F. Tube contenant des cellules non granuleuses, mais à corps cellulaire opaque et homogène.

Fig. 2. — Tube à cellules striées. Même préparation, coloration à l'hématoxyline.

- A. Tissu conjonctif.
- B. Gaîne lamelleuse.
- C. Masse protoplasmique contenant les noyaux.
- D. Espace clair autour des masses striées.
- E. Masses striées isolées.

Fig. 3. — Même préparation, cellules granuleuses.

- A. Cellules à cytoplasma composé de gros grains réfringents.
- B. Tube nerveux composé de fibres de Remak.

(1) A. Pilliet, Structure du tube digestif de quelques poissons de mer. Bulletins Société zoologique de France, 1885, p. 283.

SUR L'ESTOMAC

DE L'HIPPOPOTAME, DU KANGUROO DE BENNETT ET DU PARESSEUX AÏ

Par A. PILLIET et R. BOULART.

(PLANCHE XV.)

Avant d'aborder l'étude de l'estomac de l'Hippopotame, du Kanguroo de Bennett et du Paresseux Aï, nous dirons quelques mots des formes principales que présente cet organe chez les Mammifères. Simple dilatation du canal alimentaire l'estomac est, chez l'Homme, la plupart des Singes, les Carnassiers, par exemple, composé de deux portions distinctes au point de vue histologique : l'estomac du fond avec des glandes allongées contenant deux sortes de cellules, les cellules principales et les cellules bordantes, l'estomac pylorique ne contenant qu'une seule sorte de cellules, les cellules muqueuses.

Cet estomac est donc en réalité double et se montre recouvert sur toute sa surface de glandes en tube (1).

Si l'on suppose maintenant que l'œsophage, à sa partie inférieure, s'allonge, s'évase en entonnoir et empiète sur l'estomac de façon à en occuper une portion plus ou moins considérable, on a affaire à un organe toujours simple en apparence, mais néanmoins composé de trois parties dont la supérieure est constituée par une muqueuse dermo-papillaire, sans glandes en tube; tel est le cas pour beaucoup de rongeurs, en particulier pour le Rat, la Souris, etc. Chez d'autres Mammifères de cet ordre il existe, entre la portion œsophagienne et l'estomac proprement dit, une délimitation plus ou moins nette indiquée, à l'extérieur, par un étranglement comme chez le Hamster, ou à l'intérieur par un repli de la muqueuse, comme chez l'Hélamys.

(1) Garel. Thèse Lyon. Doctorat en médecine. Muqueuse gastrique des différents vertébrés. Paris 1877.

Chez le Cheval et le Porc la portion dermo-papillaire œsophagienne de l'estomac occupe près de la moitié de la poche gastrique. C'est une véritable panse mais qui se continue, sans ligne de démarcation autre que l'aspect de la muqueuse, avec les deux portions suivantes de l'estomac. Ce second type nous conduit aux estomacs dits composés que l'on observe chez un assez grand nombre de Mammifères, mais il faut faire ici la distinction entre ceux de ces animaux qui ruminent et ceux qui ne possèdent pas cette faculté. Au nombre de ces derniers sont les Semnopithèques, les Colobes, chez les Singes, quelques Porcins, les Paresseux, les Cétacés (1), les Kanguroos.

L'estomac des Ruminants a été bien décrit aux points de vue anatomique et histologique (2). Par contre il est des Mammifères parmi ceux que nous venons d'énumérer dont l'organe en question a été peu étudié surtout au premier de ces points de vue. Tels sont en particulier l'Hippopotame, le Kanguroo, le Paresseux Aï dont nous allons décrire l'estomac. On verra que cette partie du tube digestif, bien que pouvant être ramenée, dans la plupart des cas, à l'un ou l'autre des types que nous venons de signaler, présente néanmoins chez ces deux derniers animaux, quant au groupement et à la situation des glandes, des particularités intéressantes qui l'éloignent des conditions de structure ordinaire.

Hippopotame (*Hippopotamus amphibius*).

L'estomac, dans le groupe des Porcins, présente une série de gradations qui le font passer d'une forme simple à une forme presqu'aussi compliquée que celle qu'on observe chez les ruminants. Nous avons vu que chez le Porc l'estomac se composait au point de vue de l'histologie de trois portions : une portion œsophagienne et deux portions stomacales vraies. La seule inspection de cet organe montre qu'il existe en outre au fond du cul-de-sac cardiaque une dilatation plus marquée chez le Sanglier, très nette chez le Babiroussa et qui est en quelque sorte l'ébauche de la structure, complexe en apparence, qu'on remar-

(1) Voir R. Boulart et Pilliet. Struct., estomac du Dauphin. *Journ. anat.*, 1884.

(2) Chauveau et Arloing. *Anat. comparée des an. domestiques*, éd. 3, 1879, p. 447.

que chez le Pécari et chez l'Hippopotame. Chez le Pécari (1) l'estomac est composé de deux grands culs-de-sac bien distincts, l'un cardiaque l'autre pylorique. Le cul-de-sac cardiaque offre deux diverticulums, poches coniques à parois minces. Vers la région pylorique un sillon marque à l'extérieur la délimitation de cette région et de la région cardiaque, sillon auquel correspond à l'intérieur un bourrelet muqueux épais.

Chez l'Hippopotame il existe un degré de complication de plus et bien que l'estomac de ce Porcin ait été étudié et décrit par un assez grand nombre d'anatomistes, il existe néanmoins à son égard un certain nombre de lacunes. En effet, quand on compare entre elles les différentes figures qu'ont données, de l'estomac de l'Hippopotame, Daubenton, Crips, Gratiolet, J.-W. Clark on est surpris des différences qu'elles présentent. Ces différences sont d'autant plus singulières que les sujets examinés étaient sauf un, des jeunes à la naissance ou du moins âgés de quelques mois seulement et, en réalité, il serait difficile, en se basant sur la description des auteurs précités d'avancer quelque chose de précis quant à la forme, aux dimensions, à la direction, aux rapports des diverses parties qui composent l'organe dont il s'agit. D'autre part, sauf quelques détails histologiques donnés par Clark il n'existe à l'égard de la structure intime des poches stomacales de l'Hippopotame rien d'assez précis pour interpréter convenablement leur rôle. Enfin, la question de l'âge mise de côté, existerait-il réellement des différences telles que pas une des figures données ne concordent entre elles, ou bien ces différences sont-elles imputables à ce que les auteurs précités ont étudié l'estomac séparé du reste des viscères et par suite dans des conditions telles que l'orientation de cet organe a pu se trouver sensiblement modifiée.

La question, complexe dans son ensemble, est une de celles que de nombreuses observations peuvent seules trancher. C'est pourquoi M. le professeur Pouchet ayant obligeamment mis à notre disposition les pièces ayant trait au sujet que renferme son laboratoire et la galerie d'anatomie comparée, nous avons pensé qu'il était utile de publier les remarques que nous avons été à même de faire.

(1) Voir Cleland. Viscera of the Porpoise. *Journal of Anatomy and Physiology*, 1884, p. 387.

Ces pièces sont les suivantes :

1° Un Hippopotame à mi-terme environ de la gestation, acquis par le Laboratoire au Dr Julien en 1883 (1) ;

2° Un Hippopotame à la naissance, sujet ayant servi au Dr Alix à compléter quelques points de l'anatomie de ce bisoque, commencée par Gratiolet (2) ;

3° Des portions de l'estomac d'un mâle adulte mort au Muséum en 1881 (3).

Avant de donner la description de ces différentes pièces nous résumerons brièvement les travaux publiés jusqu'ici.

C'est Daubenton (4) qui le premier a décrit et figuré l'estomac de l'Hippopotame. Le sujet examiné par lui était un jeune à la naissance, sujet chez lequel l'estomac paraissait, à l'extérieur, composé de trois cavités. La portion principale s'étendant du cardia au pylore ressemblait beaucoup à une portion d'intestin. De chaque côté de cette partie centrale se voyaient deux appendices en forme de cœcums ; l'un volumineux naissait du cardia, à droite, suivait la portion principale jusque près de sa terminaison et la croisait en arrière ; l'autre, plus courte naissait de la face postérieure de l'extrémité cardiaque et se recourbait vers le côté droit. L'intérieur de cette poche était divisé par plusieurs replis, replis dont on constatait aussi l'existence dans l'estomac central sous forme de lames transversales qui divisaient sa cavité en neuf ou dix chambres. La muqueuse de ces différentes parties était granuleuse excepté près du pylore où les parois étaient lisses et plissés.

Vrolik (5) note d'après le dessin qu'il reçut du Cap de Bonne-Espérance, de l'estomac d'un mâle adulte, qu'il existait de chaque côté du cardia deux poches communiquant avec une portion volumineuse intestiniforme, dont la cavité était divisée par de nombreux plis transversaux ; il existait, en outre, un appendice près du pylore ?

Cuvier (6), Meckel (7), Owen (8) se basent sur la description

(1) Catalogue laboratoire Anatomie comparée, 1883, n° 272.
(2) Catalogue laboratoire Anatomie comparée, 1871, n° 432.
(3) Cabinet d'Anat. comp., A. 733.
(4) Daubenton. *In Buffon*, t. XII, édit. 1784.
(5) Vrolik. *Recherches d'anat. comp.*, 1846.
(6) Cuvier, *Anat. comparée*, t. IV, 2e part., 1835.
(7) Meckel, *Anat. comparée*, t. VIII.
(8) Owen, *Anat. comparée*, t. III.

de Daubenton. Aucun ne fait mention de la dilatation volumineuse qu'offre l'estomac, vers le pylore. Néanmoins Meckel, fait très justement remarquer que dans cette région la muqueuse stomacale offre un aspect qui la rapproche de celle de la caillette des ruminants. Viennent, ensuite, les travaux de Gratiolet (1), Crips, Clark, qui s'accordent tous à reconnaître quatre cavités stomacales mais diffèrent cependant à beaucoup d'égards.

Gratiolet décrit et figure l'estomac d'un jeune à la naissance. Il est regrettable que cet éminent anatomiste dont l'œuvre remarquable est empreinte d'un si parfait esprit d'observation, ne nous ait donné, à l'égard de cet organe que des notions sommaires.

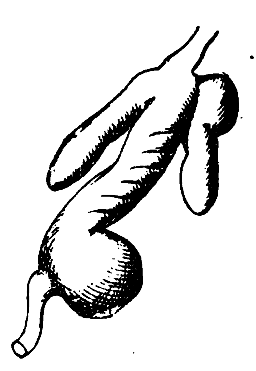


Fig. 1. — Estomac d'un Hippopotame à la naissance, vu par la face antérieure d'après Gratiolet.

D'après lui, l'ampoule cardiaque de l'estomac se continue en une sorte de boyau étroit qui sert d'intermédiaire entre l'ampoule cardiaque et une *ampoule pylorique* repliée sur elle-même et aboutissant à un duodenum relativement mince et très étroit. Des replis transversaux au nombre de neuf, lui donnent, à l'extérieur, l'aspect d'un colon. A l'intérieur, un nombre égal de cloisons divisent sa cavité en neuf compartiments.

A cette portion principale s'en ajoute deux autres; l'une analogue à l'appendice de l'estomac des sangliers, tient à la face antérieure de l'ampoule cardiaque; l'autre *est un jabot véritable* qui s'ouvre à la face postérieure de l'œsophage, au point même de son insertion dans l'ampoule cardiaque; sa grandeur est un peu supérieure à celle de l'autre poche. De la structure de la muqueuse des différents compartiments, pas un mot, non plus du

(1) Gratiolet. *Recherch. sur l'anatomie de l'Hippopotame*, 1867.

reste que de la direction des deux parties annexes. Son dessein montre cependant qu'elles étaient parallèles à la portion intestiniforme.

Crips (1) a étudié et figuré l'estomac d'un jeune Hippopotame âgé de quatorze mois. Les deux poches cardiaques étaient, suivant



FIG. 2. — Estomac d'un Hippopotame âgé de 14 mois, d'après Crips.

lui, à peu près d'égal volume et, d'après la figure qu'il en donne, dirigées de dedans en dehors écartées qu'elles étaient à angle aigu de la portion intestiniforme; cette dernière partie comptait en son intérieur sept replis valvulaires tandis que la muqueuse de la dilatation pylorique n'offrait aucun repli.

Enfin F. W. Clark ayant eu l'occasion de disséquer un jeune à



FIG. 3. — Estomac d'un jeune Hippopotame à la naissance, d'après Clark.

la naissance et un adulte, a constaté d'assez grandes différences chez l'un et chez l'autre. L'estomac central ne présentait que huit brides, brides qui, comme nous venons de le voir étaient au nombre de neuf dans le spécimen de Gratiolet et de sept dans celui de Crips. La dernière portion, chez le jeune, offrait neuf plis en forme de croissant placés le long de sa face antérieure.

(1) Crips. P. Z. S. 1867, p. 601, 689.

Chez l'adulte il existait une valvule spirale au pylore. Ni Daubenton, ni Crips, ni Gratiolet ne parlent de ces plis. D'un autre côté, tandis que Crips et Gratiolet figurent les poches latérales cadiaques comme ayant sensiblement la même dimension et dirigées à peu près parallèlement à l'estomac central, Daubenton nous montre la poche droite plus grande que la gauche, s'étendant presque jusqu'à l'extrémité pylorique, croisant la portion intestiniforme de l'estomac; Clark, d'autre part, a vu ces mêmes poches dirigées au bas et en dedans chez le jeune, sensiblement en dehors et en haut chez l'adulte, comme on le voit il existerait d'assez grandes différences dans la structure de l'estomac de l'Hippopotame, différences qui portent particulièrement sur la structure anatomique de la dilatation pylorique, sur la forme, la dimension, la direction des poches cardiaques, sur le nombre de compartiments qu'offre la portion intestiniforme. Nous nous contenterons, quant à ce qui a trait à ces différents points, de décrire les pièces mises à notre disposition, nos observations concordent, il est vrai, entre elles, mais elles ne portent sur un nombre suffisant d'animaux pour que nous puissions nous montrer complètement affirmatifs.

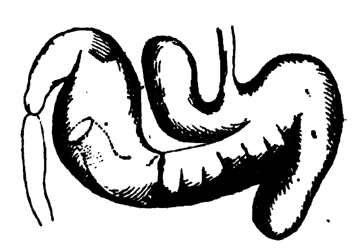


Fig. 4. — Estomac d'un Hippopotame adulte, d'après Clark.

1° *Hippopotame ♂ à mi-terme environ de la gestation.* — Le fœtus en question mesure 0^{m},80 de long, du museau à la base de la queue. Il a été acquis, comme nous l'avons dit plus haut, par le laboratoire d'anatomie comparée au Dr Julien. Son état de conservation est aussi parfait que possible. L'abdomen ayant été fendu par une incision cruciale il nous suffit d'écarter les lambeaux pour apercevoir les viscères dont l'estomac forme la masse principale. Ce dernier organe paraît extérieurement composé de quatre parties et l'attention est tout d'abord appelée sur une de ces portions, cylindrique, intestiniforme dirigée transversalement de

l'hypochondre gauche à l'hypochondre droit et offrant tout à fait l'aspect d'un colon en raison des bosselures dont sa surface est marquée. A droite ce compartiment stomacal est en communication avec une poche, courte, sensiblement sphérique, au fond de laquelle se montre le pylore. A gauche, la portion intestiniforme communique également avec une seconde poche dans laquelle s'ouvre l'œsophage et qui se montre composée de deux compartiments de dimensions inégales, de forme différente, l'un placé à droite de l'œsophage, l'autre à gauche, l'un antérieur, l'autre postérieur. Pour plus de clarté et pour éviter les répétitions, nous désignerons le réservoir cardiaque droit par la lettre A, la gauche par la lettre B, la portion intestiniforme par la lettre C et le renflement pylorique par la lettre D.

Compartiment A. — Cette partie de l'estomac chez l'Hippopotame d'abord large a son origine, sans sillons ni bosselures à sa surface, va ensuite diminuant de diamètre, devient cylindrique et se dirigeant obliquement de haut en bas et de dedans en dehors, passe sous la portion intestiniforme et reparaît au delà de son bord inférieur sous forme d'un cul-de-sac mesurant $0^m,06$ de long sur $0^m,04$ de large. L'extrémité se relève de bas en haut et se place entre la poche D et l'extrémité en cœcum du compartiment B, qui, comme nous le verrons plus loin, se termine également en un cul-de-sac. La muqueuse dans cette région de l'estomac est relevée de plis saillants portant de petites papilles et offrant un revêtement épithélial pavimenteux. Au-dessous se voient deux couches de muscles dont l'interne surtout est d'une remarquable épaisseur.

Compartiment B. — Cette poche offre plusieurs particularités intéressantes. Elle paraît à l'extérieur composée de deux parties, une inférieure sensiblement globuleuse; une supérieure cylindrique qui semble comme plaquée sur la première. Un sillon bien marqué indique leur limite.

La première a $0^m,06$ de diamètre, la seconde mesure $0^m,09$ de long sur $0^m,05$ de large. La partie cylindrique se recourbe de dehors en dedans et se termine en un cul-de-sac qui va s'appliquer le long du bord inférieur et concave de la portion intestiniforme.

Si on fend les parois des poches A et B, on constate que l'œsophage débouche dans une sorte de vestibule dont la muqueuse

n'offre point de papilles. Ce vestibule, simple dilatation de l'œsophage, communique largement avec les deux poches en question et de sa paroi supérieure, séparés par un espace d'un centimètre environ, naissent deux replis muqueux importants. L'un, le principal, est falciforme et mesure un centimètre dans sa plus grande hauteur. Il ressemble à la cloison qu'on observe dans la panse des ruminants et divise la poche cardiaque gauche en deux étages, régions dont nous avons parlé plus haut et qu'un sillon extérieur correspondant à ce repli lui-même indique tout d'abord. L'autre repli de la muqueuse, vertical, peu élevé, divise l'étage inférieur en deux compartiments. Lorsque l'estomac est à l'état de vacuité, ces deux replis sont presque accolés et simulent une gouttière œsophagienne. La muqueuse de cette poche est comme en A, relevée de plis portant des papilles, mais celles-ci sont plus nombreuses et plus longues. Les plis sont en outre moins marqués, plus serrés et présentent de nombreux anastomoses. La muqueuse a la même structure que celle du compartiment précédent. On n'y observe également aucune trace de glandes. Un pli vertical semi-lunaire sépare cette cavité stomacale de la portion intestiniforme C.

Compartiment C. — Cette portion de l'estomac mesure $0^m,17$ de long sur $0^m,06$ de diamètre. Elle présente un bord supérieur légèrement convexe et offre à sa surface huit profonds sillons délimitant autant de bosselures qui lui donnent l'aspest d'un colon. Une bride fibreuse règne dans toute sa longueur. A l'intérieur se voient huit cloisons incomplètes qui divisent la poche C en autant de compartiments mesurant $0^m,02$ de large. On remarque, en outre, vers l'orifice de communication avec la poche décrite plus haut, deux autres plis peu élevés, très rapprochés l'un de l'autre et qui portent le nombre des cloisons à dix. Nous rappellerons que Daubenton en a compté dix, Gratiolet et Clark neuf, Crips 7. Ces plis ainsi que le reste de la muqueuse sont couverts de papilles très nombreuses et fines. La muqueuse ne présente pas de glandes.

Cette portion de l'estomac communique largement avec le renflement pylorique. Un sillon marque à l'extérieur la délimitation des régions cardiaque et pylorique et répond à un bourrelet muqueux formé de deux plis accolés à la base, qu'on observe à l'intérieur.

Compartiment D. — Cette dernière partie de l'estomac, la plus importante au point de vue physiologique, mesure $0^m,09$ de longueur sur $0^m,07$ de large. Elle se rapproche beaucoup pour la forme du cœcum de quelques singes et en particulier des Cynocéphales. Elle offre à l'extérieur trois sillons peu marqués. A l'intérieur sa muqueuse offre un aspect velouté et se montre relevé de plis transversaux au nombre de six principaux dirigés transversalement et qui s'anastomosent par places. On n'y voit aucune trace de la valvule spirale signalée par Clark chez l'adulte.

Cette partie est le véritable estomac. Partout ailleurs on trouve, en effet, comme nous l'avons dit, une muqueuse dermo-papillaire et les différences que l'on remarque à l'œil nu s'expliquent par le nombre plus ou moins considérable, le groupement et les dimensions des papilles. Dans le compartiment D nous trouvons des glandes en tube, serrées. L'épithélium était en grande partie tombé, mais on pouvait voir encore sur certains points des cellules bordantes. Nous avons de plus constaté la présence de follicules clos qui font absolument défaut dans les trois autres poches, et de glandes acineuses au voisinage du pylore. Le col des glandes est évasé; leur intervalle est rempli à la surface par de petites villosités.

Nous avons trouvé dans l'estomac du fœtus dont nous nous occupons un grand nombre de grains, sensiblement égaux, du volume d'un petit pois et de couleur blanc jaunâtre. Tous ont l'aspect enroulé et présentent un hile qui se termine en cul-de-sac. Leur surface est sillonnée de traits spiroïdes. A la coupe ils se montrent formés entièrement de cellules épithéliales desquamées. C'est la couche la plus superficielle (épiderme fœtal) qui recouvre la panse et qui, une fois tombée, a été brassée par l'estomac et transformée en ces petites masses régulières et semblables. On ne voit, en effet, à la périphérie comme au centre de ces masses que de grandes cellules polyédriques, claires, vésiculeuses, avec atrophie complète des noyaux. Il est impossible, croyons-nous, de comprendre la formation de ces boules sans admettre des mouvements actifs de l'estomac chez le fœtus. On sait du reste que la desquamation épithéliale est très active chez le fœtus, sur toutes les muqueuses ectodermiques, et par suite la présence de ces masses épithéliales n'est intéressante qu'au point de vue de la forme qu'elles affectent.

2° *Hippopotame à la naissance.* — L'estomac, chez ce sujet, offre en plus grand la répétition de ce que nous avons vu chez le fœtus à mi-terme de la gestation. Les deux poches cardiaques ont une direction analogue, les mêmes rapports, la même forme. On retrouve dans le compartiment gauche les deux plis principaux dont nous avons parlé, ainsi que le sillon qui à l'extérieur divise ce diverticulum. La portion intestiniforme présente également dix cloisons dont les deux premières sont peu marquées. Enfin, nous observons dans la région pylorique le même sillon externe et les mêmes plis internes et tranversaux que nous avons précédemment décrits.

Dans la poche cardiaque droite, les plis de la muqueuse parallèles entre eux et longitudinaux offrent une série de creux et de saillies qui leur donnent l'aspect festonné. Dans les creux, les papilles sont rares et petites; sur les saillies, au contraire, elles s'offrent comme de petits corps épais, coniques, quelquefois groupés au nombre de trois ou quatre sur une base commune, d'autres fois isolés. Certains se bifurquent vers leur extrémité. A gauche, la disposition est la même, mais les papilles sont plus allongées, à peu près cylindriques; il n'est pas rare d'en trouver par place cinq ou six groupées en petits paquets. Dans la région intestiniforme, les papilles deviennent si nombreuses qu'elles couvrent entièrement la muqueuse et ne laissent plus apercevoir les plis qui leur servent de base. Elles sont beaucoup plus fines que partout ailleurs, portées également au nombre de quatre, cinq ou six sur une saillie, plus rarement isolées et souvent bifurquées et trifurquées. Cette disposition rappelle beaucoup celle qu'on observe à l'égard des villosités intestinales du Rhinocéros.

3° *Hippopotame ♂ adulte.* — Nous n'avons eu à notre disposition que des portions des quatre cavités stomacales de ce Porcin. La disposition des papilles étant la même que chez le jeune à la naissance, nous nous contenterons de donner une description histologique sommaire de ces quatre régions.

1° Portion A (cul-de-sac cardiaque droit). — Sur une coupe, on constate qu'il existe dans cette partie de l'estomac deux plans de fibres musculaires dont l'interne est d'une extrême épaisseur. La muqueuse se compose d'un épiderme, d'un derme et d'un hypoderme. L'épiderme est pavimenteux, stratifié, divisé en deux

couches ; une externe hyaline se colorant fortement par les réactifs et dans laquelle on n'aperçoit des noyaux qu'à la partie profonde; une externe, véritable corps muqueux de Malpighi, qui envoie entre les papilles du derme des prolongements très réguliers et très profonds, un peu renflés en massue à leur extrémité. Les cellules sont crénelées ; presque toutes celles qui sont en contact de la couche superficielle présentent un état vésiculeux de leurs noyaux, mais on ne voit pas d'éléidine ni de processus de keratinisation. Le derme forme une mince bande fibreuse ne présentant que relativement peu de tissu élastique et d'où partent des papilles vasculairrs. L'hypoderme forme une couche assez lâche dans laquelle on ne voit ni musculaire muqueuse ni glandes d'aucune sorte. Cette partie est comparable à la portion œsophagienne de l'estomac du Cheval ou du Porc, ou, si l'on veut, à la panse d'un très jeune ruminant.

2° Portion B (compartiment cardiaque gauche). — Même structure de l'épiderme que dans la poche précédente ; la couche la plus superficielle se teint fortement en jaune par le picro-carmin. Les papilles du derme sont nombreuses et serrées, mais un peu plus longues. Il existe de plus des saillies des bourgeons dermiques couverts de ces mêmes papilles et assez volumineuses pour faire saillie à la surface libre de la muqueuse. Le corps muqueux est assez développé, mais il n'y a pas trace d'éléidine. Il n'existe pas non plus de musculaire muqueuse sous le derme, mais on remarque à la face profonde de celui-ci de gros faisceaux de fibres conjonctives qui courent parallèlement à la muqueuse. On ne voit aucune glande dans l'hypoderme. Au-dessous de ce dernier, les fibres lisses sont séparées par le tissu conjonctif en îlots à peu près d'égal volume, îlots cloisonnés eux-mêmes et formés chacun par six à huit faisceaux de fibres lisses.

Ce compartiment présente, aux points de vue anatomique et histologique, beaucoup d'analogie avec la panse.

3° Portion C ou intestiniforme. — C'est encore une région ectodermique, mais les saillies du derme se sont multipliées. L'épiderme y est encore formé de cellules pavimenteuses stratifiées, très abondantes, et le derme présente les mêmes papilles. La présence des grands plis transversaux qui divisent cette poche stomacale en compartiments, l'abondance des papilles, l'absence d'anastomose entre les plis principaux ne permettent pas d'assi-

miler cette portion de l'estomac au bonnet des ruminants. C'est un feuillet non développé, rudimentaire, que nous avons sous les yeux.

Quant à la quatrième portion stomacale C ou caillette, elle ne diffère de celle du jeune à la naissance que par la hauteur des plis.

En résumé, l'estomac de l'Hippopotame est une ébauche de celui des ruminants. Il n'aurait, il est vrai, que trois cavités : une panse, formée des compartiments A et B, un feuillet et une caillette; mais il est aussi des ruminants qui n'ont aussi que trois cavités stomacales, le feuillet faisant défaut. Tels sont les Hyemosques qui se rapprochent à d'autres égards des Porcins, et en particulier en ce qu'ils ont le placenta diffus et que leurs métacarpiens et leurs métatarsiens principaux restent distincts. D'autre part, les deux estomacs d'Hippopotame que nous avons pu examiner nous ont montré une concordance parfaite dans la forme, les rapports, les détails anatomiques des divers compartiments qui les composaient, et si nous les comparons à la figure que Clark a donnée de l'estomac d'un adulte, nous constatons que la panse et la caillette ne semblent pas subir avec l'âge de modifications analogues à celles qu'on observe chez les Ruminants.

Kanguroo de Bennett (*Halmaturus Bennettii*).

C'est à l'obligeance de M. R. Blanchard, que nous devons d'avoir pu examiner à l'état frais, l'estomac de ce marsupial.

Il nous a paru offrir un certain nombre de particularités intéressantes qui l'éloigne à quelques égards des estomacs composés du type ruminant, et cétacé et sembleraient nécessiter la création d'un autre terme.

Chez le Kanguroo en question, l'œsophage s'ouvrait dans une vaste poche ou panse dirigée transversalement de l'hypochondre gauche, à l'hypochondre droit, située au-dessus du colon transverse et offrant, abstraction faite de son volume beaucoup plus considérable, la même apparence.

Elle présente, en effet, un nombre assez considérable de saillies ou de bosselures séparées par des sillons plus ou moins profonds. Cette poche se continue à droite avec un compartiment moins volumineux; la communication entre ces deux réservoirs se fait au moyen d'un très large orifice. La seconde poche offre l'as-

pect mamelonné de l'estomac vrai et se termine par le pylore; cet orifice est relativement étroit. Immédiatement au-dessous du bourrelet pylorique, la muqueuse de l'intestin est soulevée sur un espace de 1 centim. 1/2 par des groupes de glandes jaune rougeâtre, d'aspect acineux, formant une saillie de plus de deux millimètres au pylore.

Cette couche va en s'atténuant brusquement, à un centimètre et demi du détroit pylorique. Vient ensuite la muqueuse de l'intestin avec son aspect normal, très mince, ne contenant plus de glandes de Brunner dans son épaisseur, mais parsemée de follicules clos réunis par groupe de six à huit, aplatis, étiolés.

La première poche stomacale est dilatée à gauche en un cul-de-sac assez marqué, relié à la rate par un repli épiploïque. A l'extérieur, un raphé fibreux indique la limite entre les deux portions de l'estomac dont nous venons de parler. De l'œsophage à ce raphé s'étend la petite courbure de la panse dont la muqueuse peu épaisse et à surface lisse offre des plis longitudinaux très fins et présente le même aspect que la muqueuse de l'œsophage, qu'elle semble continuer jusque dans la deuxième poche. C'est un premier degré de gouttière œsophagienne. Toute la portion de cette poche répondant à la grande courbure, présente des bosselures profondes, annulaires, multiples, décomposées elles-mêmes en bosselures secondaires limitées par des plis qui viennent se terminer en avant et en arrière de cette bande de tissu qui forme la petite courbure.

Toutes ces bosselures, qui font saillie à l'extérieur, peuvent être dilatées dans une assez grande proportion, sans que les dimensions ni la position de la petite courbure puissent varier. Les plis transversaux extrêmement nombreux délimitant des bosselures aussi marquées, sont l'exagération de la disposition qu'on observe dans la portion instestiniforme de l'estomac de l'Hippopotame.

L'œsophage présente, au cardia, une double couche musculaire très épaisse. Le derme offre de nombreuses papilles vasculaires. L'épiderme pavimenteux stratifié, comprend d'abord un corps de Malpighi formé de cellules polyédriques granuleuses. Celles de la couche génératrice se chargent beaucoup plus que les autres de matières colorantes. Celles qui se trouvent à la limite du réseau de Malpighi présentent la même élection, des-

sinant ainsi une sorte de structure granuleuse rudimentaire. Au-dessus vient la couche de desquamation formée de cellules à protoplasma homogène et transparent non grenu. Elles conservent leur noyaux jusque dans les couches les plus superficielles.

La bande de muqueuse sèche et mince, large de deux centimètres, qui occupe la petite courbure, allant de l'œsophage à la deuxième poche présente une couche musculaire mince, un derme sans papilles, où l'on ne voit d'autres saillies que celles déterminées par les fins plis longitudinaux qui composent cette zone et un épiderme pavimenteux stratifié, présentant la même structure que dans l'œsophage, mais dont les deux couches ont une épaisseur beaucoup moindre. Il n'y a pas de glandules sous-jacentes. Des deux côtés, en avant et en arrière, cette bande est séparée des plis transverses qui donnent à cette poche un faux aspect du feuillet de ruminant, par une mince bordure très nettement accusée qui répond à un épaississement de la muqueuse soulevée par des follicules clos serrés en deux bandes parallèles, le long de la gouttière de la petite courbure. Au microscope on voit l'épithélium pavimenteux stratifié cesser brusquement au niveau de ces follicules qui sont recouverts par des glandes en tube sur lesquelles nous allons revenir. Les follicules sont lenticulaires, aplatis, situés au milieu même du chorion entre l'épithélium et la couche de muscles externe très mince à ce niveau. Ils cessent au niveau des plis de la grande courbure.

Dans la grande courbure, dans la région des plis, on voit la tunique musculaire très restreinte, surtout la couche longitudinale externe qui est réduite, sur les coupes, à un mince liseré. Sa tunique interne annulaire, dont les faisceaux sont dirigés parallèlement au sens des plis, est beaucoup plus marquée. Le chorion, très mince, formé de tissu conjonctif en faisceaux fibroïdes, dessine des plis de différente hauteur comblés par un tissu conjonctif lâche qui permet l'ampliation de l'estomac quand ces plis sont effacés, plis dans la formation desquels n'entre pas de muscles. Il n'y a pas d'ailleurs de musculaire muqueuse et on ne constate que du tissu cellulaire et des vaisseaux capillaires. La partie du chorion sous-jacente aux glandes est riche en cellules fusiformes, puis viennent les glandes elles-mêmes qui recouvrent toute la surface stomacale offrant des plis, c'est-à-dire à peu près les $\frac{9}{10}$ de cette poche. Elles jouent donc un rôle consi-

dérable. Ce sont des glandes en tube, serrées, toutes d'égale hauteur et présentant un corps et un col. Les cellules qui tapissent le reste de l'estomac, s'enfoncent dans le col des glandes et descendent jusqu'aux deux tiers de la hauteur du tuble glandulaire. Ce sont des cellules prismatiques, ou plutôt cubiques à cytoplasma assez clair, très grenu, mais à noyau très volumineux ; elles se rapprochent de la forme cubique à mesure qu'elles s'enfoncent davantage dans les glandes. Les culs-de-sac, au contraire, sont occupés par des cellules à noyaux petits, à corps cellulaire clair, légèrement et uniformément granuleux, toutes polyédriques par pression réciproque et ressemblant beaucoup, comme disposition générale, aux cellules d'une glandule muqueuse ou faiblement séreuse telle qu'on en peut trouver sur la peau de la grenouille, par exemple, nous n'avons pas pu en traiter par l'acide osmique et voir si quelques-unes présentaient pour cet agent colorant une élection spéciale, les rapprochant des cellules de Nussbaum, par exemple, que l'on rencontre dans l'estomac pylorique (1). Il n'y a pas de villosités proprement dites, ni même de saillies villeuses entre ces glandes, à la surface de cette poche, ce qui nous prouve que nous ne sommes pas là dans l'estomac. Le caractère de ces cellules l'indique aussi, car elles sont éloignées des cellules principales et plus encore des cellules bordantes de l'estomac du fond des mammifères à poche gastrique simple. La présence d'un tel revêtement de glandes en tube dans la panse est un fait curieux et mérite qu'on s'y arrête. Les glandes en tube simple, dans l'appareil digestif, semblent en effet, appartenir surtout aux muqueuses endodermiques et cela d'autant plus que l'on considèrera plutôt comme des cryptes que comme des glandes vraies, les dépressions au doigt de gant qu'a signalées M. G. Herman (2), dans la portion ectodermique de la muqueuse anale. Pourtant, l'un de nous (3) a déjà signalé chez le Chameau et le Lama, dans la panse, dans deux régions qui étaient autrefois regardées comme des *bonnets* rudimentaires, des glandes en tube, remplies d'une seule sorte de cellules polyédriques ou irrégulièrement arrondies, assez pe-

(1) Philippe Storh, *Arch. fur mikroskopische Anatomie* 1881, p. 221. *Zur Kenntniss des feineren Magens Schleimhaut.*

(2) Gustave Herman. Muqueuse anale, thèse doctorat, Paris, 1880.

(3) A. Pilliet. Portion gaufrée de l'estomac du chameau. *Bulletin de la Société zoologique de France*, 1885, p. 40.

tites, réfringentes, rempli d'un granulé fin et se colorant assez faiblement par l'hématoxiyline. Elles ont exactement la même forme et la même disposition que nous avons sous les yeux, dans la panse du Kanguroo. A cette époque, les glandes en tube de la panse du Chameau et du Lama se présentaient à nous comme un cas isolé curieux, et nous n'avions pu en rattacher les éléments à aucune des cellules déjà connues de la muqueuse gastrique.

Chez le Kanguroo, nous retrouvons des organes en tout semblables, mais beaucoup plus répandus. Par conséquent, le developpement de glandes en tube simple, dans des muqueuses dermo-papillaires telle que celle de la panse, est un fait hors de doute. Il est d'autant plus curieux à constater que chez d'autres vertébrés que nous sommes accoutumé à étudier, l'homme ou le chien, par exemple, les glandes qui existent dans les muqueuses dermo-papillaires, telles que celle de l'œsophage, sont de glandes en grappes réfugiées dans le chorion, sous l'épithélium pavimenteux stratifié qui reste intact.

Notons pour en finir avec cette question de la morphologie des glandes de l'aditus anterior, que les glandes de l'œsophage et du jabot des oiseaux, sont des glandes en tube composées, c'est-à-dire que leur cul-de-sac profond et élargi est divisé par des cloisons secondaires, de façon à leur donner l'aspect de glandes acineuses très simples, comme l'a montré le professeur Ranvier (1), qui a mis au point cette question dans ces derniers cours. Rien d'étonnant à ce que nous y trouvions des glandes en tube simples.

La panse du Kanguroo se continue largement, comme nous l'avons vu, avec l'estomac vrai. Dans celui-ci la muqueuse, d'abord peu épaisse au voisinage de la première poche augmente peu à peu d'épaisseur jusqu'au pylore, ici les deux couches musculaires de l'estomac ne changent guère jusqu'en ce point, l'interne restant toujours la plus considérable; le chorion est épais et forme des bandes parallèles de faisceaux conjonctifs, parcourues par de volumineux plexus nerveux. Les glandes de plus en plus hautes, à mesure qu'on se rapproche du pylore où elles sont plus longues que les glandes gastriques; cellules granuleuses bordantes à la périphérie, cellules principales au centre. Ces glandes

(1) L. Ranvier. Cours de janvier 1884, in *Journal de Micrographie* de Pelletan. Paris, 1884.

sont d'abord très étroites et très allongées; les éléments y sont serrés et aplatis. A un faible grossissement la zone des glandes paraît partagée en deux portions d'égale hauteur, une profonde qui fixe énergiquement les réactifs; une supérieure qui se colore beaucoup moins bien. Si on examine de plus près les éléments on voit que dans toute la portion profonde, les glandes et leur cul-de-sac très légèrement renflé sont tapissés par des cellules cubiques peu granuleuses, à noyaux volumineux qui sont évidemment des cellules principales, puis, par une transition tellement ménagée qu'elle est presqu'insensible, ces éléments font place dans la seconde partie de la glande à des cellules plus grosses, polyédriques remplies d'un granulé jaunâtre, réfringent, qui sont les analogues des cellules bordantes bien qu'elles soient beaucoup plus petites que chez les autres Mammifères. Ainsi s'expliquent les deux zones de coloration différente que l'on voit tout d'abord. La surface de la muqueuse stomacale et le col des glandes jusqu'à une faible profondeur sont recouverts par des cellules caliciformes du type prismatique, c'est-à-dire très allongées et évasées à leur surface libre. Les glandes sont séparées par des saillies très courtes qui sont des rudiments villeux plutôt que des villosités vraies. Au pylore les glandes offrent la même disposition générale; les granulations jaunes des cellules sont cependant un peu moins nombreuses mais elles continuent à former un revêtement d'éléments cubiques; elles cessent brusquement au niveau de l'épaississement de la couche interne de la tunique musculaire, qui constitue le sphincter pylorique et font place aux glandes de Liberkuhn, courtes, très espacées, s'enfonçant peu dans le chorion.

La muqueuse du duodénum est dépourvue de villosité à ce point. Il n'y a donc pas de glandes pyloriques proprement dites, mais, par contre, et c'est là un fait particulier, on trouve un groupe de glandules visibles à l'œil nu, au-dessous du pylore. Ces glandes loin d'être comme nous le pensions tout d'abord des glandes de Brunner, sont composées d'acinis bien distincts constitués chacun par des canaux courts que tapissent des cellules polyédriques granuleuses à noyaux volumineux, ne laissant pas entre elles de lumière centrale, offrant en un mot l'aspect d'une glande en grappe séreuse; un seul caractère manque toutefois. Nulle part on ne voit de canaux excréteurs différenciés.

En résumé l'estomac du Kanguroo de Bennett comprend :

Une panse pourvue de glandes en tube probablement à mucus ; un estomac vrai très riche en glandes à cellules granuleuses. Absence de glandes pyloriques, probablement suppléées pas les glandes de la première poche stomacale. Cellules à ferment se continuant groupées en glandes en grappe jusque dans un duodénum dépourvu de villosités, avec follicules clos confluents.

D'autre part la présence de glandes en tube dans la panse du Kanguroo, analogues en tous points à celles qu'on trouve dans les portions gaufrées de la panse du Chameau et des Lamas, est une particularité qui offre un certain intérêt. Les Marsupiaux constituent, en effet, un groupe des plus naturels, il est vrai, mais dont certaines familles peuvent être homologuées avec quelques-uns des ordres de Mammifères placentaires. C'est ainsi qu'on a comparé les Phascolomes aux Rongeurs, les Phalangers aux Lémures, les Dasyures et les Thylacines aux Carnivores. On a de même constaté que les Kangouroos avaient quelque analogie avec les Ruminants, par leur régime, la forme de leur cœcum, la complication de leur estomac divisé en compartiments incomplets par des plis de la muqueuse et par la disposition de leurs pieds de derrière grèles, dont les métatarsiens et les deux premières phalanges sont accolés l'une à l'autre et dont la phalange unguéale porte un petit ongle qui s'accolant contre celui de l'autre doigt rappelle en petit les deux sabots intermédiaires des Bisulques (1). A ces divers caractères s'ajouteraient la similitude singulière qui existe, au point de vue histologique, entre les portions gaufrées de la panse des Camélides et la région de l'estomac du Kanguroo qu'on ne peut assimiler qu'à une panse.

Paresseux Aï (*Bradypus Tridactylus*).

L'estomac des Paresseux Aï et Unau a été décrit par un grand nombre d'anatomistes au nombre desquels nous citerons Cuvier (2), Meckel (3), Duvernoy, Milne Edwards (4) et E. Oustalet (5).

(1) P. Gervais. *Histoire des Mammifères*, t. II, p. 268.

(2) Cuvier, *Anatomie comparée*, t. IV, 2e partie, p. 56, année 1835.

(3) Meckel, *Anatomie comparée*, t. VIII, p. 567, année 1838.

(4) Milne Edwards, *Leçons physiol. et anat. comparées*, t. VII, 1858 et t. VI, 1860. p 316, note.

(5) E. Oustalet, *Dict. encyclop. des sciences méd.*, série 2, t. XXI, 1785, p. 174.

Aussi nous contenterons-nous de rappeler brièvement la forme que présente cette organe chez l'AI. Il semble extérieurement composé de trois parties. La première portion la plus volumineuse et qu'on a assimilée à une panse est divisée en deux compartiments, un gauche et un droit. Le compartiment gauche dont la muqueuse est papilleuse se termine en un court cul-de-sac; le compartiment droit est lui-même incomplètement subdivisé en deux et sa muqueuse est plissée. De cette panse on passe dans une poche stomacale comparée au bonnet des Ruminants, mais dont le revêtement épithélial est en tout point analogue, d'après Owen à celui de la cavité précédente, et qui n'est par conséquent, qu'une troisième portion de la panse. Cette panse ou ce bonnet, comme on voudra l'appeler est en communication avec l'œsophage au moyen d'une sorte de gouttière œsophagienne qui se termine dans la cavité stomacale dans laquelle quelques auteurs voient un feuillet et une caillette. Cette dernière région est d'après Owen revêtue d'un épithélium épais qui va en augmentant d'épaisseur vers le pylore ou elle prend alors un aspect grossièrement villeux (1). Cet anatomiste signale l'absence de cet épithélium sur un espace ovalaire près de la grande courbure, portion dont la surface est faiblement villeuse. C'est cette bande que nous verrons plus loin présenter seule des glandes pepsiques, noyée qu'elle est au milieu d'un épithélium pavimenteux stratifié. Les sujets que M. le professeur Pouchet a bien voulu mettre à notre disposition sont au nombre de deux : un très jeune AI et un adulte.

L'œsophage au voisinage de l'estomac, se montre formé de trois couches musculaires. L'interne est constitué de fibres longitudinales, striées, disposées par faisceaux inégaux, faisceaux qui déterminent les plis longitudinaux qui soulèvent la muqueuse. Vient ensuite une couche de fibres anulaires striées également, puis enfin, plus en dehors, apparaît une couche mince de fibres lisses longitudinales. Les fibres striées descendent donc extrêmement bas dans cet œsophage et les fibres lisses les recouvrent à leur terminaison, s'imbriquant sur elles sans se confondre, comme cela a lieu du reste chez un certain nombre d'autres vertébrés et en particulier les poissons (2).

(1) Owen, *Anat. comparée*, t. III.

(2) A. Pilliet. Structure du tube digestif de quelques poissons de mer. *Bulletin de la Société zoologique de France*, 1881, p. 283.

La muqueuse se compose d'un chorion ou derme assez épais formé de faisseaux ondulés, de tissu conjonctif et ne présentant pas de papilles, et d'un épithélium pavimenteux, stratifié, assez mince.

Le premier compartiment stomacal formé comme nous l'avons vu d'une poche droite et d'une poche gauche, offre deux couches de fibres musculaires assez feutrées et minces, un chorion peu épais soulevé de distance en distance par des plis élevés, saillants dont la charpente est formée de tissu conjonctif. Des papillles dermiques, coniques, courtes, égales entre elles, se voient en assez grand nombre dans le compartiment gauche surtout, et sont recouvertes par des cellules pavimenteuses stratifiées. Il n'existe ni glandes ni follicules clos dans le chorion.

Le deuxième compartiment ou *bonnet* de la plupart des auteurs offre une structure à peu près identique à celle de la région précédente. Les deux plans musculaires de fibres lisses sont plus épais, mieux marqués, tandis que les papilles sont peu apparentes et noyées dans l'épithélium pavimenteux stratifié. Par contre, les plis de la panse sont devenus de véritables feuillets qui, sur certains points, s'anastomosent entre eux, disposition qui rappelle celle qu'on observe dans le bonnet des Ruminants. Ces feuillets sont formés par l'adossement de la tunique muqueuse et de la couche musculaire interne qui pénètre dans chacun de ces replis et leur sert de charpente. On ne voit pas trace de glandes chez le jeune dans cette partie, tandis que chez l'adulte il existait entre cette poche et la première une ligne de follicules clos.

Le troisième compartiment dans lequel Owen ne voit qu'une poche unique, tandis que d'autres anatomistes l'assimillent au feuillet et à la caillette, ce qui porterait à quatre le nombre des loges stomacales chez l'Aï, présente dans sa partie répondant au feuillet des papilles dermiques, coniques, courtes, abondantes, avec un épithélium pavimenteux stratifié. Elles font légèrement saillie à la surface de la muqueuse. Il n'existe point de glandes.

Vient ensuite la région signalée par Owen comme dépourvue d'épithélium pavimenteux stratifié. Dans cette partie, la muqueuse devient épaisse, veloutée et présente des glandes gastriques encore peu développées. Au-dessus l'estomac se montre revêtu d'une muqueuse, mince, sèche, sans velouté et dont la

tunique musculaire va s'épaississant jusqu'au pylore. On y remarque de hauts plis longitudinaux décomposés en papilles beaucoup plus marquées que partout ailleurs, coniques ou filiformes et recouvertes par des cellules pavimenteuses stratifiées. Il n'y a pas de glandes acineuses ou tubulées, non plus que de tissu lymphoïde.

Chez l'Aï adulte, nous constatons également l'absence de glandes dans les parties de l'estomac assimilées à la panse ou bonnet et au feuillet. Nous n'en trouvons, comme chez le jeune, que dans le compartiment stomacal précédent la dilatation pylorique, région qui offre cette particularité d'être recouverte d'un épithélium pavimenteux stratifié. Un autre fait intéressant est le mode de groupement de ces glandes qui occupent une surface réduite, plus restreinte que chez les Ruminants puisque la muqueuse à épithélium pavimenteux stratifié envahit la caillette et se poursuit jusqu'au pylore.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XV.

Fig. 1. — Estomac d'un fœtus d'Hippopotame à mi-terme environ de la gestation, vu par la face antérieure.

Fig. 2. — Estomac du même, vu par la face antérieure; les différents compartiments ont été ouverts pour montrer les orifices de communication et la disposition des plis de la muqueuse. — A et B, loges cardiaques répondant à la panse des Ruminants; C, région correspondant au feuillet; D, caillette; Œ, œsophage; I, intestin grêle.

Fig. 3 et 4. — Muqueuse des compartiments répondant à la panse.

Fig. 5. — Muqueuse du feuillet.

Fig. 6. — Muqueuse de la caillette.

ANALYSES ET EXTRAITS

DE TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

L. Testut. — *Les anomalies musculaires chez l'Homme expliquées par l'anatomie comparée. Leur importance en anthropologie* avec une préface de M. Mathias Duval. (Paris. Masson, 1884.)

Les nombreuses variations du système musculaire chez l'homme ont été considérées pendant longtemps comme des anomalies sans importance. C'est surtout depuis l'établissement de la doctrine transformiste que leur signification a pu être aperçue et qu'elles ont été l'objet de recherches suivies de la part d'un certain nombre d'anatomistes.

Le livre du professeur Testut est un exposé systématique des résultats de ces recherches. L'auteur ne s'est pas contenté de rassembler les données acquises par ses devanciers pour en tenter l'interprétation ; il a enrichi la science d'une masse considérable de faits en étudiant, pendant qu'il était chef des travaux anatomiques à la Faculté de médecine de Bordeaux, environ 800 sujets disséqués soit par lui soit par ses élèves, sans compter un certain nombre de nègres et un très grand nombre de mammifères.

Les recherches de M. Testut ont eu pour objet deux groupes distincts d'anomalies musculaires : 1° celles qui concernent les muscles surnuméraires ; 2° les variations morphologiques des muscles existants normalement. La fréquence de ces anomalies est bien plus grande qu'on ne le suppose généralement : il n'y a peut-être pas un cadavre, dit l'auteur, qui n'en présente quelques-unes.

Mais ce n'est pas tout que de les découvrir et les décrire ; il s'agit aussi de rechercher si elles ne reproduisent pas des dispositions normales chez quelque animal voisin de l'homme ou occupant un rang quelconque dans la série des mammifères. C'est pourquoi M. Testut a dû se livrer à de longues recherches d'anatomie comparée.

La conclusion générale à laquelle aboutit son livre est la suivante : « Les anomalies musculaires observées chez l'homme ne sont que la reproduction d'un type qui est normal dans la série zoologique. » Il semble, pourtant, que quelques cas ne puissent rentrer que difficilement dans une formule aussi catégorique, mais il est aisé de prévoir que tel cas difficile à interpréter aujourd'hui trouvera demain une explication facile. Non content de rechercher, à propos de chaque anomalie musculaire, le type homologue existant à l'état normal dans telle ou telle espèce, l'auteur a voulu rechercher le *pourquoi* de ces anomalies et l'on verra plus loin combien de témoignages éclatants il a pu ainsi réunir en faveur des théories évolutionnistes.

Le livre de M. Testut est divisé en cinq parties : la première est consacrée aux anomalies musculaires du tronc ; la seconde à celles du cou, de la tête, de

la nuque et des gouttières vertébrales; la troisième à celles du membre supérieur; la quatrième à celles du membre inférieur, et la cinquième à l'étude générale des anomalies musculaires.

Il n'est pas possible, dans cette analyse, d'exposer autre chose que des conclusions générales. Quant au plan de l'ouvrage, il nous suffira d'ajouter aux indications précédentes que l'auteur étudie successivement, à propos de chaque muscle, toutes les variations anatomiques observées par lui-même ou par d'autres auteurs, qu'il les classe en groupes méthodiques et en cherche l'explication dans l'anatomie comparée, toujours préoccupé de cette pensée, de placer à côté du muscle anormal chez l'homme le même type normal dans la série zoologique. Enfin, l'étude de chaque muscle est suivie d'un index bibliographique très complet.

Cela dit, nous passerons immédiatement à la cinquième partie qui résume en quelque sorte tout le reste de l'ouvrage dont elle montre la portée générale. Elle est intitulée : *Des anomalies musculaires considérées au point de vue de l'anatomie générale et de l'anthropologie zoologique.*

I. *Fréquence des anomalies du système musculaire.* — M. Testut considère les muscles de l'homme comme tout aussi variables que les vaisseaux, bien plus variables que les os et les nerfs. A coup sûr, dit-il, ces modifications anatomiques ne sont pas les produits du hasard; elles doivent obéir à des influences naturelles, lesquelles doivent se trouver soumises à des lois. M. Testut ajoute que l'on ne peut guère, pour le moment, que poser des problèmes à résoudre.

1° *Influence du sexe.* — Meckel a prétendu que les vices de conformation en général sont plus ordinaires chez la femme que chez l'homme.

En attendant que cette proposition soit un peu mieux établie, M. Testut déclare que, dans l'état actuel de la science et en ce qui concerne le système musculaire, les deux sexes paraissent être aussi sujets l'un que l'autre aux anomalies. Pour ce qui est de tel ou tel muscle en particulier, les observations ne paraissent pas à l'auteur être assez nombreuses pour trancher la question. Pour le petit psoas, cependant, muscle devenu rare dans l'espèce humaine, si les assertions contradictoires de Winslow, de John Bell et de Riolan peuvent rendre douteuses sa plus grande fréquence dans un sexe ou dans l'autre, il n'en est pas de même lorsqu'on s'en rapporte aux chiffres de préférence aux assertions. Sur cinquante-six femmes, Perrin a rencontré le petit psoas onze fois seulement et, sur un même nombre d'hommes, vingt et une fois. Une telle différence mérite, croyons-nous, d'être prise en considération.

2° *Influence de l'âge.* — Les anomalies musculaires sont déjà constituées au moment de la naissance. Par conséquent, c'est à la dissection difficile des jeunes embryons qu'il faudrait avoir recours pour saisir le mode de formation de ces anomalies. L'auteur rappelle que c'est sur de jeunes fœtus que Gegenbaur a découvert, dans l'aponévrose cervicale moyenne, des faisceaux musculaires, derniers vestiges des faisceaux cléido-hyoïdiens qui existent dans quelques espèces de vertébrés et qui ont totalement disparu chez l'homme adulte.

3° *Influence du côté.* — *Anomalies symétriques.* — Les anomalies musculaires peuvent être symétriques, mais elles ne le sont pas nécessairement.

Dans les cas d'anomalie bilatérales, les deux formations peuvent être identiques ou représenter des types éloignés et souvent très dissemblables de la même variété.

Dans les cas d'anomalies unilatérales, les deux côtés du corps paraissent également prédisposés (Humphry, Wood, Testut).

D'après Humphry, on ne trouve que fort rarement des variétés d'anomalies correspondantes dans les membres supérieurs et inférieurs, ou bien sur les faces opposées d'un même membre (flexion et extension). En d'autres termes, les anomalies n'affectent pas habituellement la série des muscles homologues dans les membres supérieurs et inférieurs du même sujet, ou bien des muscles antagonistes correspondants dans un même membre. M. Testut confirme cette conclusion.

Mais il est incontestable, ajoute-t-il, que les anomalies rétablissent, dans bien des cas, des homologies disparues entre les membres supérieurs et les membres inférieurs. Ainsi le muscle pédieux ou court extenseur des orteils, qui est constant sur le pied, fait défaut sur la face dorsale de la main; M. Testut l'a vu se reproduire par anomalie. Il cite d'autres exemples du même genre dont l'interprétation est assez facile si l'on songe que le membre supérieur de l'homme n'a pas toujours joué un rôle aussi différent de celui du membre inférieur. Mais ce qui est moins facile à expliquer, c'est que le membre inférieur peut présenter, lui aussi, certaines anomalies qui rétabliraient ou mieux augmenteraient son analogie avec le membre supérieur. « Les mouvements de pronation de la jambe sont rendus impossibles, dit M. Testut, par les modes d'union qui unissent l'un à l'autre les deux os de la jambe; avec la fonction a disparu l'organe qui lui était destiné. » Cet organe serait représenté, d'après l'auteur, par des faisceaux transverses sous-jacents au muscle poplité et constituant un muscle pronateur transverse de la jambe. Or, bien qu'un muscle interosseux et rotateur de la jambe existe chez les Chéloniens et chez quelques mammifères Monodelphiens, nous avouons éprouver quelque difficulté à admettre que les faisceaux tibio-péroniers décrits par M. Testut, constituent un muscle homologue du carré pronateur et non pas de simples faisceaux aberrants du poplité. S'il nous paraît très satisfaisant de voir que le membre supérieur de l'homme se souvienne, en quelque sorte, de ses fonctions dans l'attitude quadrupède, il nous est un peu plus difficile d'admettre que la jambe se souvienne aussi d'avoir possédé des mouvements de pronation auxquels la disposition du squelette s'oppose aujourd'hui, et depuis bien longtemps, d'une façon si absolue. Mais nous devons n'incliner devant la compétence de l'auteur et songer que le pronateur transverse de la jambe ne se retrouve pas seulement chez les marsupiaux, mais encore chez le loup, le renard et chez les simiens ou prosimiens (Gruber).

4° *Influences diverses.* — M. Testut pense qu'il n'existe aucun rapport entre le mode de production des anomalies et le degré de développement du système musculaire. Il a rencontré tout autant de dispositions anormales sur les sujets faibles, aux os et aux muscles délicats, que sur les sujets vigoureux et fortement musclés. Une distinction faite, à ce sujet, entre les anomalies par excès et les anomalies par défaut, nous eût semblé très intéressante.

Humphry estime que les anomalies musculaires doivent être relativement

plus fréquentes chez les sujets qui présentent des difformités et des arrêts de développement, et il cite à l'appui de son opinion la dissection d'un idiot faite par Carver. M. Testut fait observer qu'une conclusion formelle, à cet égard, serait encore prématurée, car le sujet de Carver n'a présenté, en somme, que des anomalies peu nombreuses et pour ainsi dire banales.

5° *Influence de la région anatomique, prédisposition particulière à certains muscles.* — Pour être édifié sur ce point, observe M. Testut, on ne peut tenir compte que des sujets disséqués entièrement. La statistique de Wood remplit cette condition. Elle démontre que les anomalies musculaires se produisent le plus souvent aux membres supérieurs. Pour deux cent quatre-vingt-douze anomalies sur les membres thoraciques, on n'en trouve que cent dix-neuf sur les membres pelviens. En outre, ce sont les segments extrêmes qui sont plus particulièrement riches en dispositons anormales.

Humprhy fait remarquer que les muscles les plus fréquemment atteints par l'anomalie sont en somme ceux qui peuvent disparaître sans inconvénient, soit qu'ils puissent être facilement suppléés, soit qu'ils n'aient à remplir, dans l'organisme, qu'un rôle tout à fait secondaire. C'est ici le cas de rappeler la disparition si fréquente du petit palmaire, du pyramidal de l'abdomen, du petit psoas et autres formations similaires qui n'existent chez l'homme qu'à l'état de vestiges, et comme pour lui rappeler les liens qui l'unissent aux espèces inférieures. Les muscles précités acquièrent ainsi, en anthropologie zoologique, toute la valeur des *organes rudimentaires.* M. Testut fait observer d'un autre côté les déviations si nombreuses d'un muscle essentiellement humain, le long fléchisseur propre du pouce, qui semble lutter, en quelque sorte, contre la tendance à la régression vers une disparition antérieure.

II. — *Hérédité des anomalies musculaires.* — Il est rationnel d'admettre que les anomalies musculaires sont transmissibles héréditairement, au même titre que tant d'autres anomalies, soit congénitales, soit accidentelles. L'auteur déclare cependant que ce n'est encore là qu'une induction non cotrôlée par les faits, car on n'a pas souvent l'occasion de disséquer toute une famille. Giacomini a pu cependant disséquer une Abyssinienne et sa fille et a rencontré sur l'une et l'autre diverses anomalies musculaires. Ce n'est point là un renseignement suffisant.

III. — *Degré d'analogie des anomalies musculaires avec les dispositions homologues des animaux.* — M. Testut est arrivé à cette conclusion, que chaque disposition anormale chez l'homme correspond à une disposition normale dans la série zoologique. Mais cette représentation n'est pas toujours parfaite. Qu'il s'agisse de muscles propres à l'espèce humaine ou seulement de dispositions particulières, ou bien encore de muscles surnuméraires, on voit le plus souvent les formes anormales constituer une transition entre un état éloigné et l'état normal. Il est probable que les cas de transition passent fréquemment inaperçus en raison de la difficulté qu'il y a, le plus souvent, à les reconnaître. « Que d'aponévroses, dit l'auteur, ne devraient pas porter ce nom et sont en réalité des muscles atrophiés au maximum, des reliquats et des débris de muscles! »

IV. — *Essai de classification des anomalies musculaires.* — M. Testut distingue d'abord deux grandes classes de muscles au point de vue des ano-

malies : I. *Les muscles surnuméraires*, tels que le cléido-trachélien, l'épitrochléo-cubital. — II. *Les muscles ordinaires modifiés :*

A. Dans leur forme (petit palmaire fusiforme).

B. Dans leur constitution : 1° Dédoublement total (sterno-mastoïdien), partiel (jambier antérieur); 2° Fusion totale (sterno-mastoïdien), partielle (biceps); 3° Apparition de faisceaux nouveaux (3° chef du biceps); 4° Disparition de quelques faisceaux (biceps); 5° Transformation fibreuse (péronier antérieur); 6° Disparition du muscle (petit palmaire); 7° Intersections aponévrotiques ajoutées (sterno-cléido-mastoïdien), supprimées (tendon intermédiaire du digastrique); 8° Renversement du muscle (petit palmaire).

C. Dans leurs rapports avec les muscles voisins : 1° Isolement anormal (faisceau interne du pédieux); 2° Fusion anormale totale (les deux radiaux externes), partielle (idem), par anastomose (fléchisseur des doigts).

D. Dans leurs insertions : 1° Surajoutées (sterno-mastoïdien); 2° Déplacées (digastrique); 3° Diminuées en étendues (scalène postérieur); 4° Augmentées en étendue (petit pectoral); 5° Supprimées (muscle se perdant dans le tissu cellulaire).

Il n'y a que très peu d'anomalies, dit l'auteur, qu'il serait difficile de faire entrer dans ce tableau.

V. — *Des anomalies musculaires chez les animaux.* — A priori, les animaux doivent présenter, comme l'homme, des anomalies musculaires qui les rapprochent d'autres animaux, particulièrement des espèces moins élevées dans la série, et plus particulièrement, selon la remarque de Humphry, des espèces les plus voisines. M. Testut a pu confirmer par de nombreuses dissections l'exactitude de cette conception. Il a rencontré des variations nombreuses chez les chiens, les chats, les renards, les chimpanzés, les ours, etc. Mais existe-t-il aussi, chez les animaux, des anomalies progressives, des anomalies musculaires tendant à reproduire des dispositions appartenant à des animaux supérieurs? Peut-on, notamment, rencontrer, dans le système musculaire des singes antrhopoïdes, des dispositions humaines? M. Testut déclare que les matériaux que nous possédons sur ce sujet sont notoirement insuffisants pour résoudre la question.

Variations du système musculaire suivant les races. — Il n'est pas souvent loisible aux anthropologistes, remarque l'auteur, de disséquer les 200 à 250 muscles d'un sujet appartenant à une race exotique. Aussi la question de l'influence ethnique sur les variations musculaires est-elle encore très peu connue.

M. Testut fait un court historique des dissections de Cuvier, de Wood, de Chudzinski, de Giacomini, puis il expose en détail le résultat de ses propres dissections faites sur onze nègres, dont six ont été étudiés complètement. Il s'attache principalement à combattre la tendance naturelle qu'ont certains auteurs à considérer une anomalie comme propre à telle race, parce qu'ils ne l'ont observée que sur des sujets de cette race. « C'est à peine, dit-il, si la littérature anatomique renferme la description musculaire de trente nègres! Et si quelques-uns de ces sujets, les deux Boschimans, par exemple, présentent un nombre vraiment considérable d'anomalies musculaires, il en est d'autres où les anomalies ont été tellement rares qu'elles eussent passé inaperçues

peut-être si, au lieu de se trouver sur un nègre, elles se fussent rencontrées sur un blanc. » M. Testut cite à ce propos un des sujets blancs disséqués par lui, un homme admirablement constitué, du reste, qui lui a présenté un nombre extraordinaire d'anomalies. « Voilà un sujet qui, dit-il, s'il eût appartenu à quelque race nègre, eût fait assurément l'objet d'un bien intéressant mémoire! » Nous ne pouvons nous empêcher de rappeler, en passant, la remarque analogue faite par nous à propos des caractères crâniologiques signalés comme particuliers à certaines catégories d'individus, tels que les assassins, par quelques auteurs trop peu versés dans l'étude des crânes quelconques. Il n'est pas douteux qu'en pareille matière, il faille étudier des séries suffisantes des objets que l'on veut comparer entre eux. Il est nécessaire aussi de compter; c'est ce que fait M. Testut, pour montrer que non seulement l'absence du petit psoas n'est pas caractéristique des races nègres, ainsi qu'on eût pu le croire d'après les nombreuses dissections de M. Chudzinski, mais encore que cette absence n'est pas plus fréquente dans les races nègres que dans les races européennes. Remarquons toutefois, ici, que si le petit psoas n'existe que douze fois sur cent chez les nègres, ainsi qu'il résulte de la statistique faite par M. Testut, nous trouvons dans une autre partie de l'ouvrage même de cet auteur une confirmation de l'opinion de M. Chudzinski, lequel affirme seulement que le petit psoas est beaucoup plus fréquent chez les européens que chez les nègres. En effet, si Theile n'a rencontré ce muscle qu'une fois sur 20 (5 0/0), Perrier l'a rencontré 32 fois sur 112, c'est-à-dire 28,5 fois sur 100.

En résumé, on ne connaît pas une seule disposition anatomique spéciale au système musculaire du nègre, et l'on ne peut dire que les anomalies musculaires soient plus fréquentes chez les nègres que chez les blancs. Telles sont les conclusions acceptables dans l'état actuel de la science, d'après M. Testut. Il n'en reconnaît pas moins l'existence *probable* de caractères ethniques dans le système musculaire anssi bien que dans le squelette.

Reproduction chez l'homme, par anomalies, de toutes les dispositions simiennes. — L'auteur montre que toutes les dispositions considérées comme caractéristiqnes des espèces simiennes, se reproduisent chez l'homme à l'état d'anomalies. « Si les hommes, en général, diffèrent des singes sur bien des points de leur système musculaire, il en est quelques-uns qui, sur certains points, leur ressemblent entièrement; et si nous avions à la fois le pouvoir de construire un corps humain et le loisir d'emprunter à un nombre de sujets indéterminé les divers matériaux de son système musculaire, à l'un son cléidotrachélien, à l'autre son dorso-épitrochléen, à un troisième son scalène intermédiaire, etc., nous arriverions ainsi à constituer un système musculaire simien avec des organes empruntés exclusivement à l'homme. »

De la valeur des anomalies musculaires en anthropologie zoologique; évolution et atavisme. — Il n'y a que de très rares anomalies musculaires qui puissent être considérées comme le résultat d'une tendance vers une modalité anatomique plus parfaite, comme des anomalies progressives, dit M. Testut. Il considère la plupart des anomalies décrites comme à peu près insignifiantes au point de vue de la mécanique animale.

Cela se conçoit, puisque tous ces faisceaux musculaires, ces muscles à demi développés que l'on trouve en si grand nombre dans le corps humain, ne sont

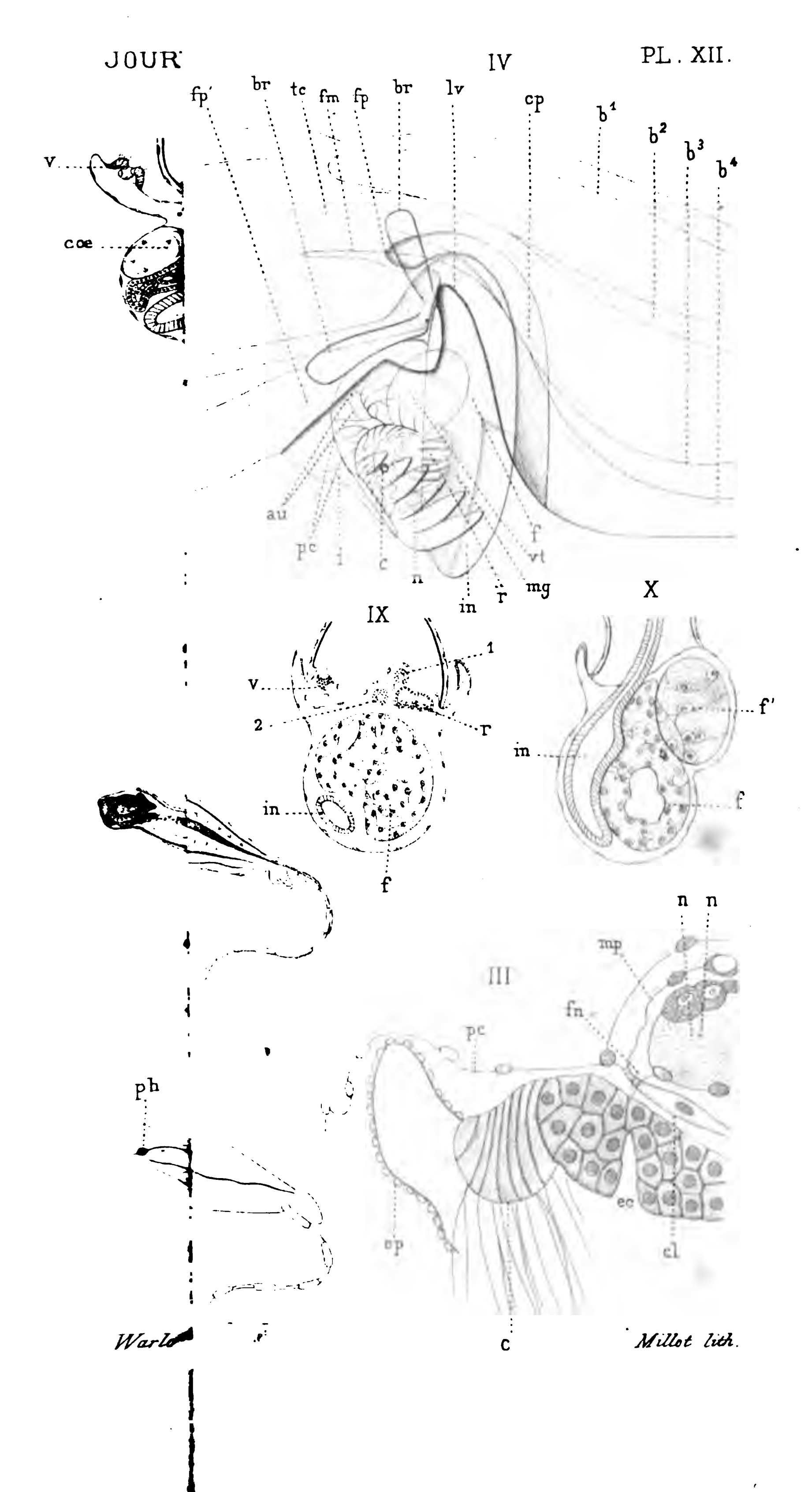
autre chose que des souvenirs d'un état antérieur. L'auteur qualifie avec raison ces reliquats musculaires *organes rudimentaires accidentels*. Il fait observer ensuite que l'anatomie anormale du système musculaire, en nous montrant l'apparition, dans un groupe zoologique, de dispositions organiques considérées comme caractéristiques d'un groupe zoologique voisin ou éloigé «fournit un argument puissant contre la théorie de l'espèce et celle des créations successives et indépendantes qui lui est intimement connexe. » Il insiste sur l'appui considérable que trouvent sur ce point les idées évolutionnistes dans l'anatomie anormale qui fait voyager pour ainsi dire d'une espèce à une autre, des dispositions organiques qui n'ont ainsi rien de fixe, rien d'anormal, rien de caractéristique. La théorie de l'*Unité du plan*, ajoute-t-il, nous fait accepter comme très naturelle, la présence chez un individu de dispositions anormales qui ne manqueraient point, sans cela, de nous paraître fort singulières. « Toutes les anomalies musculaires de l'homme, qu'elles soient constituées par des formations nouvelles ou par des muscles nouvellement configurés, deviennent de vraies dispositions ancestrales disparues depuis une longue série de siècles et reproduites accidentellement chez le sujet qui en est porteur, par ce *quid ignotum* qu'on est convenu d'appeler l'atavisme. Ces différentes formes ancestrales ne se retrouvent pas exclusivement ou en totalité dans les espèces simiennes; nous les rencontrons aussi, bien souvent, dans des ordres plus éloignés : chez les carnassiers, les rongeurs, les édentés, les didelphiens. Il est parfois nécessaire de descendre plus bas encore dans la série, jusque chez les vertébrés inférieurs. Ces faits, peu compatibles avec la descendance exclusivement simienne de l'homme, concordent plutôt avec l'opinion de ceux qui n'admmettent, entre l'homme et le singe qu'une parenté collatérale... »

M. Testut termine son livre en faisant ressortir l'élévation des enseignements de l'anatomie et la nécessité qu'il y a pour les anatomistes à ne point séparer, dans leurs études, l'homme et les autres vertébrés, puisque la nature ne les a point séparés. « Bien mieux que l'histoire, dont le champ est infiniment restreint, bien mieux que les raisonnements d'une métaphysique dont le règne est heureusement près de s'éteindre au grand profit des sciences naturelles, bien mieux que les traditions ou les mythes des poètes, l'anatomie nous fait connaître l'homme en nous indiquant ce qu'il fut, ce qu'il est, ce qu'il sera un jour. » L. M.

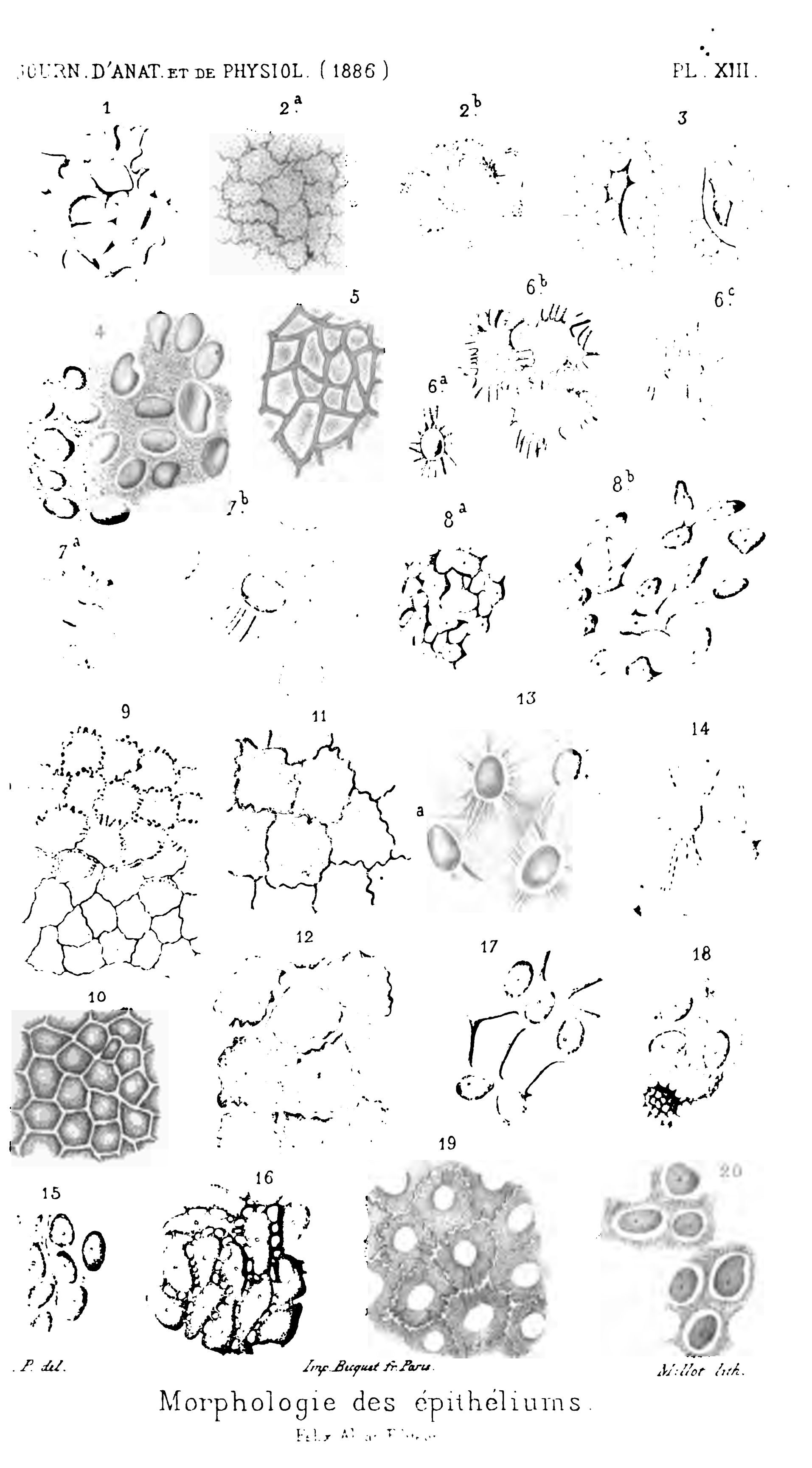
Le Propriétaire-gérant,

Félix ALCAN.

Saint-Denis. — Imprimerie Ch. Lambert, 17, rue de Paris



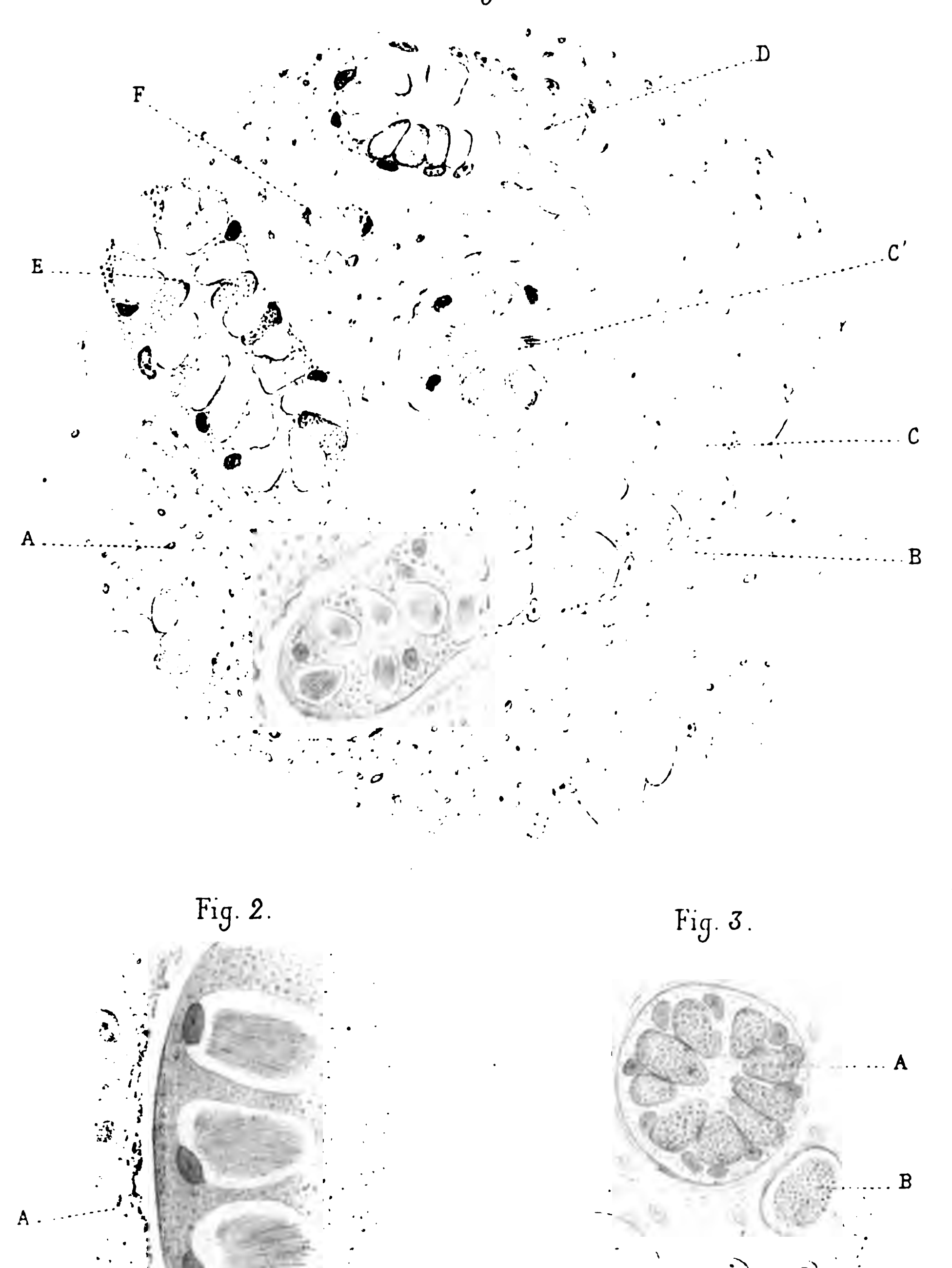
Warlo... Millot lith.



. P. del. Imp. Bucquet fr. Paris. Millot lith.

Morphologie des épithéliums.

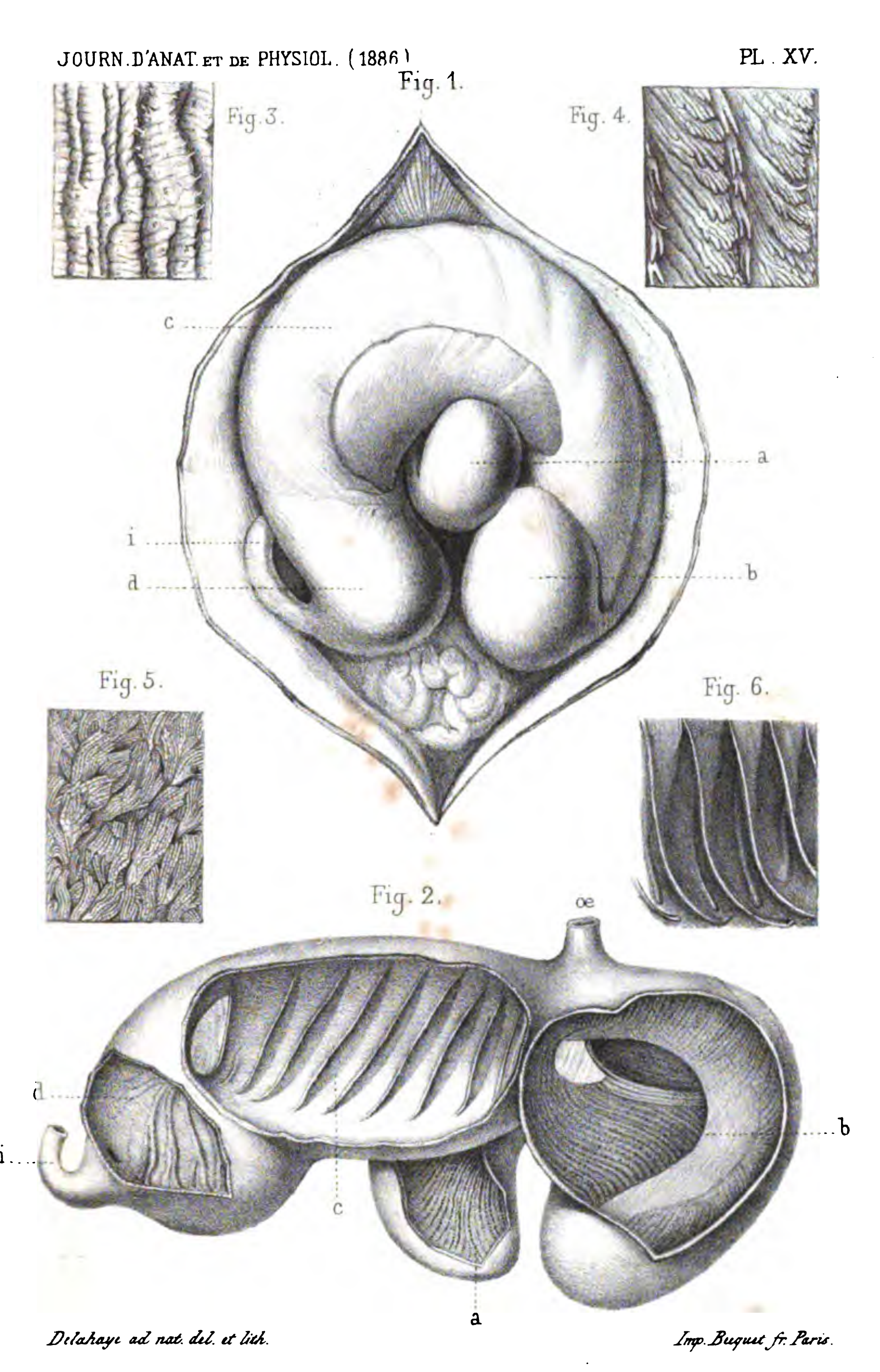
Félix Alcan Éditeur



Millot del. et lith. *Imp. Becquet fr. Paris.*

Glandes œsophagiennes chez l'octopus vulgaire.

Felix Alcan, Editeur.



Estomac d'un fœtus d'Hippopotame.

Félix Alcan, Editeur.

RECHERCHES

SUR LA

PERCEPTION DE LA LUMIÈRE

PAR LES MYRIOPODES AVEUGLES

Par Félix PLATEAU,
Professeur de Zoologie et d'Anatomie comparée à l'Université de Gand.

I

INTRODUCTION.

§ 1. — Historique.

M. G. Pouchet a publié, il y a quatorze ans, dans la *Revue et magasin de zoologie*, de Guérin Méneville, un travail fort remarquable où il prouva, par de nombreuses expériences, que les larves de Muscides, dépourvues d'organes visuels externes, perçoivent les rayons lumineux (1). En faisant paraître, à mon tour, dans le journal que dirige M. Pouchet, le résultat de mes essais sur les Myriopodes privés d'yeux, j'ai voulu présenter mes recherches sous le bienveillant patronage du savant biologiste qui, le premier, a étudié systématiquement la sensibilité pour la lumière d'un animal considéré comme aveugle.

Un historique de la question ayant été donné par V. Graber, je pourrais, à la rigueur, me borner à renvoyer le lecteur à l'intéressant mémoire de cet auteur (2); je crois cependant bien faire en résumant brièvement la bibliographie du sujet. En effet, Graber a passé sous silence plusieurs indications utiles et, d'un autre côté, s'occupant en même temps de la visibilité des couleurs, il a naturellement mélangé aux citations concernant la sensibilité générale pour la lumière celles qui ont trait à la perception des couleurs de différentes espèces.

(1) Pouchet. *De l'influence de la lumière sur les larves de Diptères privées d'organes extérieurs de la vision.* (Revue et magasin de zoologie pure et appliquée, 1871-72.)

(2) Graber. *Fundamentalversuche über die Helligkeits und Farbenempfindlichkeit augenloser und geblendeter Thiere.* (Sitzungsberichte Math. Naturwiss. Cl. d. K. Akademie, LXXXVII. Band, 1 Abtheil., p. 201. Wien. 1883.)

Afin de faire mieux comprendre ce qui a été fait et ce qui reste à faire, j'adopterai un ordre zoologique.

Protozoaires. — Les mouvements que manifestent les Protozoaires cilifères et flagellifères sous l'influence des rayons lumineux, certaines espèces se portant vers la lumière, et d'autres fuyant celle-ci, ont été signalés par Haeckel (1), par Pouchet (*Glenodinium*) (2), et ont été soigneusement étudiés par Th. W. Engelmann (*Paramæcium, Euglena*) (3).

Cœlentérés. — Rappelons, d'abord, les recherches trop oubliées de A Trembley (4) qui, se mettant à l'abri des causes d'erreurs, a clairement démontré que les Hydres influencées par la lumière et non par la chaleur, cheminent constamment vers les parties éclairées du vase où on les renferme.

Signalons ensuite les observations de W. Rapp (*Veretillum*) (5) de H. G. Bronn (*Edwardsia, Cerianthus*) (6) et de E. Jourdan (*Paractis striata*) (7), sur la contraction rapide que la lumière amène chez des Alcyonaires et chez plusieurs formes d'Actinies.

Les larves de Méduses et les Méduses adultes ont été l'objet d'observations et même d'expériences suivies. Ainsi, Sars, cité par Graber (8), a vu les larves de *Cyanea* se rassembler de préférence du côté éclairé d'un aquarium, G. J. Romanes (9) a constaté que les *Sarsia* auxquelles il enlevait les organes marginaux paraissaient insensibles aux excitations lumineuses, tandis que les *Sarsia* intactes se portaient vers la lumière, enfin,

(1) Haeckel. *Uber Ursprung und Entwicklung des Sinneswerkzeuge.* (Kosmos, IV Bd. 1880, cité par Graber.)

(2) Pouchet. *D'un œil véritable chez les Protozoaires.* (Comptes rendus de la Société de Biologie. 8e série, t. I, n° 36, 7 novembre, p. 593, 1884.)

(3) Engelmann. *Ueber Licht und Farbenperception niederster Organismen.* (Archiv. für die gesammte Physiologie de Pflüger, XXIX, Band, p. 387, Bonn, 1882.)

(4) Trembley. *Mémoires pour servir à l'histoire d'un genre de polypes d'eau douce*, etc. 1er mémoire, pp. 11 et 66. Leyde, 1744.

(5) Rapp. *Untersuchungen über den Bau einiger Polypen des Mittellandischen Meeres.* (Nova acta Academiae naturæ curiosorum, t. XIV, Pars II, p. 648, Bonnae, 1829.)

(6) Bronn. *Die Klassen und Ordungen des Thier-Reichs*, 2 *Bd.*, *Strahlenthiere*, p. 2. Leipzig 1859 (cité par Graber).

(7) Jourdan. *Recherches zoologiques et histologiques sur les zoanthaires du Golfe de Marseille.* (Ann. d. sc. naturelles. Zoologie, 6e série, t. X, p. 28, 1880.)

(8) Graber. *Fundamentalversuche...*, etc., op. cit. p. 204.

(9) Romanes. *Preliminary Observations on the Locomotor System of Medusae* (Philos. Trans. of the Royal Society of London. Vol 166, part. I, p. 296, 1876).

Graber (1) s'est assuré que l'*Aurelia aurita* préfère la lumière à l'obscurité (2).

Tout autres sont les allures des larves d'un spongiaire, la *Reniera filigrana;* suivant W. Marshall (3), elles se groupent dans les endroits les plus obscurs.

Echinodermes. — Les seules recherches qui aient été effectuées jusqu'à présent, sont celles de G.-J. Romanes et J.-C. Ewart (4), sur des Astéries et des Oursins, et celles de Graber sur l'*Asteracanthion rubens* (5). Ces trois naturalistes sont d'accord pour affirmer que les Echinodermes qu'ils ont étudiés se déplacent vers les régions éclairées, tant que les organes pigmentés considérés comme organes visuels sont respectés, mais que ces animaux se dispersent indifféremment dans tous les sens lorsqu'on les a privés des organes en question. Outre la nature réellement optique des petits appareils découverts par Vahl et Forbes, nous pouvons déduire des expériences citées, que les Astéries et les Oursins privés d'yeux deviennent peu sensibles à la lumière.

Bryozoaires — On connaît peu de chose, quant à l'action des rayons lumineux sur ces êtres. Certaines formes d'eau douce, comme les *Cristatella*, recherchent la lumière, tandis que d'autres, comme les *Paludicella* semblent fuir le jour (6).

Annélides. — Toutes les observations et les études expérimentales ont été faites sur le Ver de terre. W. Hoffmeister (7),

(1) Graber. *Ueber die Helligkeits und Farbenempfindichkeit einiger Meerthiere.* (Sitzungsberichte d. Mat. Naturwiss. Cl. der K. Akademie, XCI, Bd. 1 Abtheil, p. 141. Wien. 1885.)

(2) On trouvera peut-être étrange que je rappelle ici des recherches sur l'*Aurelia aurita*; mais le dernier mot n'est pas dit sur la signification des organes marginaux de cet animal. Ainsi, pour ne citer que des opinions récentes, tandis que J. Carrière (*Die Sehorgane der Thiere*, p. 91. München und Leipzig, 1885) y voit des yeux rudimentaires, E. A. Schäfer (*Observations an the Nervous Systen of Aurelia aurita.* Phil. Trans. Roy. Soc. London, vol 169, part. II, p. 567 et suiv., 1878), n'y reconnait rien qui permette d'admettre la localisation de perceptions visuelles.

(3) Marshall. *Die Ontogenie von Reniera filigrana. O. Schm.* (Zeitschr. f. Wiss. Zoologie. XXVII Bd., p. 225, Leipzig, 1882.)

(4) Romanes and Ewart. *Observations on the Locomotor System of Echinodermata.* (Phil. Trans. Roy. Soc. London, vol. 172, part. III, p. 855, 1881.)

(5) *Ueber die Helligkeits...*, etc.. op. cit. p. 133-134.

(6) Graber. *Fundamentalversuche...*, etc., op. cit. p. 205.

(7) Hoffmeister. *Die bis jetzt bekannten Arten aus der Familie der Regenwürmer*, p. 18, Braunschweig, 1845. (Cité par Graber.)

Ch. Darwin (1), Bridgman et Newmann (2), ont constaté que cet animal complètement privé d'organes visuels est sensible à la lumière et cherche à l'éviter. Pour les deux premiers, la perception ne réside que dans la région antérieure du corps, pour les deux autres, cette perception est même faible.

Il était réservé à V. Graber (3) d'élucider complètement le problème. Par des méthodes extrêmement ingénieuses et dont je me suis inspiré en partie, cet habile expérimentateur est parvenu à prouver que les Lombrics sont nettement affectés par les rayons lumineux, que la sensibilité n'est pas localisée dans les premiers anneaux, mais existe sur toute la surface du corps, et que cette sensibilité est suffisante pour permettre aux vers de distinguer des différences d'éclairage relativement peu accusées, etc.

Mollusques. — Ici on ne peut citer, jusqu'à présent, que les observations de H. de Lacaze-Duthiers (4) sur la rétraction du pied du Dentale sous l'influence d'un rayon de soleil ou de la lumière d'une bougie.

Arthropodes. — V. Graber (5) est l'unique naturaliste qui ait cherché à constater si un Arthropode, absolument privé d'yeux, manifestait certaine sensibilité pour la lumière et distinguait le jour de l'obscurité. Ses essais, encore peu nombreux, ont porté sur des *Blatta germanica* aveuglées et lui ont permis de s'assurer qu'effectivement il y avait perception.

Quant aux observations de de la Brûlerie (6) sur les Coléoptères cavernicoles qui fuient la lueur des torches et à mes expériences personnelles (7) sur le *Niphargus puteanus*, répétées récemment par mon savant collègue Ed. Van Beneden (8),

(1) Darwin. *The formation of Vegetable Mould through the Action of Worms, with Observations on their Habits.* London, 1881.

(2) Bridgman and Newman. (The zoologist., vol. 7. 1874.) Cité par Graber.

(3) Graber. *Fundamentalversuche...*, etc., op. cit. p. 208 et suiv.

(4) De Lacaze Duthiers. *Histoire de l'organisation et du développement du Dentale.* Troisième partie. (Ann. des sc. nat., zoologie, 4e série, t. VIII, p. 25. 1857.)

(5) Graber. *Fundamentalversuche*, etc., op. cit. p. 235.

(6) De la Brûlerie. *Notes pour servir à l'étude des coléoptères cavernicoles.* (Cité dans Brehm. Les Insectes, trad. franç., t. I, p. 129.)

(7) F. Plateau. *Recherches sur les crustacés d'eau douce de Belgique.* (Mém. de l'Acad. roy. de Belgique. Savants étrangers, t. XXXIV, p. 5. 1868.)

(8) E. Van Beneden. *Sur la présence à Liége du Niphargus puteanus.* (Bullet. Acad. roy. de Belgique, 53e année, 3e série, t. VIII, n° 12, p. 651. 1884.)

elles concernent des animaux dont les yeux incomplètement développés sont dépourvus de pigment.

Le lecteur qui se sera donné la peine de parcourir l'historique ci-dessus, saisira certainement tout l'intérêt qu'il y avait à faire quelques recherches expérimentales sur la sensibilité des Myriopodes aveugles pour la lumière. Il ne s'agit, en effet, ni d'Arthropodes artificiellement aveuglés, comme les Blattes observées par Graber, ni d'Arthropodes possédant des yeux d'albinos, comme les Coléoptères des cavernes ou la crevette des puits, mais bien d'Articulés, n'ayant normalement aucune trace d'organes visuels (1).

Les formes sur lesquelles j'ai opéré appartiennent aux genres *Geophilus* et *Cryptops*. La plupart des expériences ont été, en outre, reproduites sur un Myriopode chilopode d'une organisation très voisine, mais pourvu d'yeux, le *Lithobius forficatus*.

Cette façon d'expérimenter parallèlement à l'aide d'espèces aveugles et d'une espèce munie d'organes de vision m'a permis, dans beaucoup de cas, de mieux interpréter les résultats que si j'avais agi sur les Géophiles et les Cryptops seuls.

Je terminerai cette introduction par une indication qui peut devenir utile à quelques observateurs : certaines personnes se demanderont comment je parvenais à me procurer à point nommé un nombre suffisant de Myriopodes d'une même forme, afin de pouvoir utiliser les individus peu d'instants après leur capture, alors qu'ils ne sont pas encore affaiblis par la captivité. Le procédé est fort simple : dans le coin le plus obscur et le plus humide de mon petit jardin, j'accumule pendant toute l'année les débris végétaux, tels que feuilles tombées, rameaux provenant de la taille des arbustes, mauvaises herbes, etc. Cela forme bientôt un amas de terreau grossier, qui devient le rendez-vous général des Myriopodes, des Crustacés isopodes, des larves de Coléoptères, d'insectes Thysanoures, d'une foule de petits Mollusques, etc. Quelques coups de bêche dans le tas et un examen un peu minutieux permettent, à peu près en toute saison, de recueillir rapidement de nombreux matériaux d'étude.

(1) Il est bien évident que je me suis assuré, au préalable, de l'absence totale d'organes visuels chez les animaux réputés aveugles, sur lesquels j'ai fait mes expériences.

II

EXPÉRIENCES AYANT POUR BUT DE DÉTERMINER SI LES MYRIOPODES AVEUGLES PERÇOIVENT LA LUMIÈRE.

§ 2. — Première méthode; méthode de Pouchet.

Parmi différents procédés, G. Pouchet (1) a employé le suivant pour déceler la perception de la lumière chez les larves de mouches : sur une table bien horizontale, placée devant une fenêtre, est collée une feuille de papier blanc d'une surface de 36 centimètres carrés (2); au milieu de cette surface, on renverse une petite boîte contenant un nombre déterminé d'animaux à essayer ; ceux-ci circulent sur le papier, du centre vers les bords, et l'on note, dans chaque expérience, combien d'individus ont atteint le bord opposé au jour, le bord le plus voisin de la fenêtre et chacun des deux autres.

Cette méthode n'est bonne que lorsqu'il s'agit d'êtres se déplaçant lentement; les Myriopodes chilopodes, qui courent très vite, fournissent les résultats les plus discordants, dont on pourrait même déduire des conclusions absolument fausses.

J'avais cependant pris la précaution d'employer une surface de papier considérable; elle mesurait 2704 centimètres carrés; la table était à un mètre de la fenêtre.

Les Lithobies qui, ne l'oublions pas, ont des yeux, et qui, comme je le prouverai plus loin, sont réellement très lucifuges, fuyaient rapidement de tous côtés, *indifféremment* vers la lumière ou vers l'ombre.

Les Géophiles, au nombre de quatorze, appartenant tous à l'espèce *Geophilus longicornis*, ont présenté, dans une série d'essais, une légère tendance à se disperser de préférence vers le côté d'où venait le jour, et cela aussi bien en plein soleil qu'à la lumière diffuse.

Ce résultat étant en contradiction avec les habitudes bien

(1) Pouchet. *De l'influence de la lumière*, etc., op. cit. p. 5 des tirés à part.

(2) Il y a probablement ici une faute d'impression dans le travail cité; la feuille de papier n'aurait été ainsi qu'un petit carré de 6 centimètres de côté. Je suppose que les dimensions réelles étaient un carré dont le côté mesurait 36 centimètres.

connues des Géophilides, je dispose un écran de façon à ce qu'une moitié de la feuille de papier horizontale soit à l'ombre et que l'autre moitié seulement soit au soleil. La ligne de démarcation coupe la surface en deux et est perpendiculaire au bord le plus voisin de la fenêtre.

Les choses ainsi disposées, je renverse une petite boîte contenant douze Géophiles au milieu de la feuille de papier, exactement sur la ligne limite entre la région ombrée et la région éclairée.

Six Géophiles parcourent rapidement la moitié située au soleil, en marchant parallèlement à la fenêtre, et six autres errent un peu plus lentement sur la moitié obscure. Il y a donc partage égal.

On se tromperait étrangement en déduisant de cette expérience et de la précédente que les Géophiles aveugles ne perçoivent pas la lumière et ne cherchent pas à l'éviter; ces premiers essais montrent simplement que les Myriopodes en question, ne pouvant avoir la notion de la forme d'une surface éclairée et de la distance qui les sépare d'une région obscure, ne savent plus retrouver cette dernière lorsqu'ils s'en sont écartés.

L'exactitude de l'interprétation est facile à vérifier. Au centre

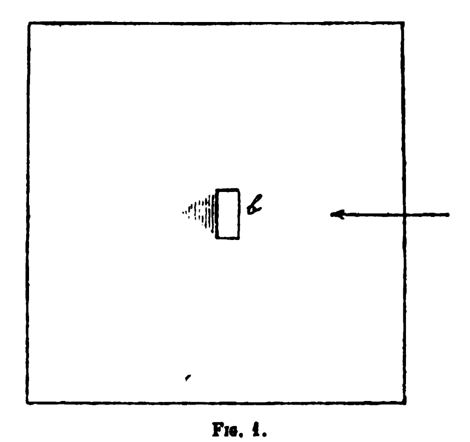


FIG. 1.

de la feuille de papier éclairée tout entière par une lumière diffuse vive (fig. 1), on pose sur champ une petite boîte rectangulaire *b* renfermant quatorze Géophiles ; le couvercle naturel-

lement vertical est tourné vers le côté sombre de la chambre.

Lorsqu'on ouvre la boîte, l'intérieur de celle-ci est relativement obscur; elle projette, de plus, une ombre portée dont la surface, bien restreinte en comparaison de l'étendue considérable de papier éclairé, est de 40 centimètres carrés environ.

Dans ces conditions, les Géophiles, non effrayés, sortent de la boîte avec une certaine lenteur, et, bien qu'il ne puisse être question de différence de température, la plupart des individus restent obstinément dans les limites de l'ombre. Ainsi, je constate que :

A.	3 Géophiles circulent dans la région éclairée,	11	restent à l'ombre.
B.	4 — —	10	—

Des expériences identiques effectuées un jour de pluie, alors que le contraste entre les deux régions obscure et éclairée n'est plus suffisant, fournissent un résultat qui confirme parfaitement mon hypothèse : les Géophiles, au lieu de stationner, comme précédemment, à l'ombre de la boîte, se promènent dans toutes les directions.

J'ai cru inutile de multiplier les essais à l'aide d'une méthode qui s'applique mal aux Myriopodes, alors que d'autres procédés conduisent facilement à des conclusions nettes.

§ 3. — Deuxième méthode; lumière solaire et ombre; interposition d'une couche d'eau.

Au début de mes recherches, j'ai fait un certain nombre d'expériences dans lesquelles les Myriopodes aveugles devaient choisir entre une région directement éclairée par le soleil et une région obscure, mais je n'ai pas tardé à comprendre combien ce système était défectueux, les résultats étant entachés d'une cause d'erreur grave provenant de la différence de température dans les deux régions.

Ces tentatives n'ont cependant pas été absolument infructueuses, car elles m'ont appris un fait curieux, dont la connaissance m'a rendu de grands services. Lorsqu'on place un Géophile ou un Cryptops, soit sur le sol d'un jardin, soit sur la couche de terre humide qui garnit le fond d'un bocal, on voit invariablement l'animal explorer la surface à l'aide de ses an-

tennes et s'insinuer prestement dans la première crevasse qu'il rencontre. Est-ce exclusivement le besoin de fuir le jour qui détermine l'acte en question, ce qui ferait supposer une sensibilité extrême pour la lumière, ou est-ce le désir instinctif de se retrouver dans son milieu naturel, milieu humide avec lequel *tout* le corps, et non les pattes seulement de l'Arthropode se trouvent en contact?

Pour résoudre ce petit problème, je mets au soleil un grand cristallisoir de verre dont le fond est garni d'une couche de papier blanc intimement collée. Trois *Cryptops punctatus, C. Koch*, sont déposés dans ce vase et courent naturellement affolés autour de leur prison. Ceci fait, je place sur le fond du cristallisoir trois plaques de verre bien transparentes, de simples porte-objets de miscroscope, en ayant soin de faire reposer les angles sur de minimes fragments de carton, afin que les plaques soient soulevées de $1\ ^1/_2$ à 2 milimètres. On n'oubliera pas que les plaques de verre sont transparentes et sont situées en plein soleil.

Au bout de quelques minutes, les trois Cryptops se sont insinués sous l'un des porte-objets et font des efforts pour se caser les uns près des autres; ils se gênent mutuellement, se poussent et finissent par quitter cette singulière retraite pour en chercher une nouvelle. Un instant après, deux des Myriopodes sont de nouveau logés sous une plaque et le troisième s'est casé seul sous la plaque voisine, etc. J'ai assisté plusieurs fois à ce spectacle curieux; l'instinct est si borné que la satisfaction d'un Cryptops est complète si une partie notable de son corps se trouve resserrée entre une lame de verre et le fond du cristallisoir; il ne s'aperçoit même pas qu'une portion de son individu, comprenant la tête et plusieurs anneaux, est restée à découvert.

Voilà, quant au besoin instinctif de contact entre la totalité ou la presque totalité de la surface de l'être et des corps voisins, besoin qui explique aussi pourquoi un Géophile enlevé avec une boulette de terre à peine grosse comme un pois, enveloppe la boulette de ses replis et y reste obstinément appliqué.

Quant au besoin d'humidité, celui-ci se démontre bien plus facilement. Veut-on éviter, dans des recherches quelconques, que les Géophiles, les Cryptops et les Lithobies placés sur le fond d'une boîte ou d'un bocal, courent incessamment autour de leur demeure, il suffit de déposer en un point de ce fond, un petit

fragment de papier à filtrer humide, de deux ou trois centimètres de côté, pour voir le Myriopode en expérience monter sur le papier, en explorer les bords à l'aide de ses antennes et s'y installer bientôt immobile.

J'ai pu déterminer des Cryptops à s'arrêter où je voulais rien qu'en produisant à l'endroit désigné, une trace humide à peine visible, par l'application momentanée d'un morceau de papier mouillé.

Il résulte donc de ce qui précède, que *lorsque les Myriopodes chilopodes aveugles ou munis d'yeux, déposés sur le sol, s'introduisent avec empressement dans la première fente qu'ils rencontrent, cet acte n'est pas déterminé par le seul besoin de fuir la lumière; ces animaux cherchent en même temps un milieu humide et avec lequel la plus grande partie de la surface de leur corps soit en contact direct.*

J'arrive maintenant aux expériences qui font le sujet principal du paragraphe actuel.

Afin d'éviter, lors de l'emploi de la lumière du soleil, l'influence fâcheuse de différences notables de température, j'ai interposé, entre la fenêtre et le vase qui contenait les Myriopodes, une grande auge rectangulaire, en verre, limitée par des faces bien parallèles et renfermant une couche d'eau de 2 centimètres d'épaisseur.

Les essais suivants ont été effectués.

A. Un cristallisoir de 20 centimètres de diamètre (fig. 2) et à

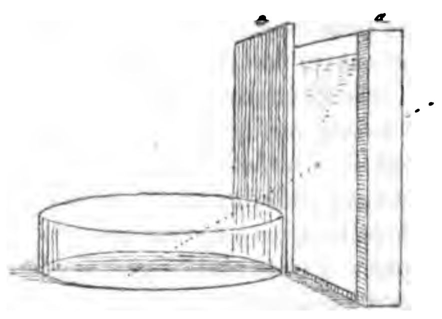


FIG. 2.

fond de papier blanc, est placé au soleil devant une fenêtre fermée. Les rayons solaires traversent la couche d'eau de 2 centimètres d'épaisseur, contenue dans l'auge *a*.

On dispose un écran *e*, de façon qu'une moitié du fond du cristallisoir soit seule au soleil, l'autre moitié étant à l'ombre.

Une première série d'observations est faite sur un Myriopode voyant, le *Lithobius forficatus*.

Un thermomètre placé dans le cristallisoir indique, dans la région éclairée 27° c. et dans la région ombrée 25°,5.

L'animal circule rapidement le long des parois du vase, la rapidité de la locomotion étant manifestement plus grande au soleil qu'à l'ombre. De temps à autres il s'arrête pendant plusieurs secondes pour se nettoyer les antennes à l'aide des palpes comme le font tous les Chilopodes (1).

On note la durée des arrêts et, ce qui est plus important, on remarque si la Lithobie effectue ses pauses au soleil ou dans la zone obscure. Voici les résultats :

1er	arrêt à l'ombre,	durée.	25"	soleil franc.
2e	—	—	30"	—
3e	—	—	42"	—
4e	—	—	32"	—
5e	—	—	7"	—
6e	—	—	67"	soleil voilé.
7e	—	—	24"	—
8e	—	—	69"	—
9e	—	—	11"	—
10e	—	—	38"	soleil franc.
11e	—	—	37"	—
12e	—	—	44"	—

Tous les arrêts de la Lithobie ont donc eu lieu dans la région obscure. Le fond du cristallisoir étant parfaitement sec, l'animal n'était attiré nulle part par une trace humide.

Une expérience identique est répétée avec un Myriopode aveugle, le *Cryptops punctatus*.

Le thermomètre placé dans le cristallisoir indique dans la zone éclairée 26° c. et dans la zone ombrée 25° c.

Les allures rappellent celles de la Lithobie, quoique plus rapides. Les arrêts sont comme dans le cas précédent, séparés par de longues périodes d'activité durant de cinq à dix minutes, et pendant lesquelles le Cryptops court autour du cristallisoir.

(1) Voyez à ce sujet mon travail intitulé : *Expériences sur le rôle des palpes chez les Arthropodes maxillés*, 2e partie, palpes des *Myriopodes et des Aranéides*. (Bulletin de la Société zoologique de France, t. XI, 1886.)

1er arrêt à l'ombre, durée	....	21"
2e — —	....	36"
3e — —	....	25"
4e — —	....	21"
5e — —	....	26"
6e — —	....	11"
7e — —	....	34"
8e arrêt au soleil, —	....	6"
9e arrêt à l'ombre, —	....	23"
10e — —	....	32"
11e — —	....	27"
12e — —	....	40"

Quoiqu'il s'agisse, cette fois, d'un animal sans yeux, les résultats sont du même ordre que ceux fournis par le Myriopode muni d'organes visuels. Un seul arrêt sur douze a eu lieu au soleil et n'a, du reste, duré que six secondes; tous les autres ont eu lieu à l'ombre.

On peut déduire de ces expériences que *lorsqu'un espace obscur a une étendue un peu grande, les Myriopodes privés d'yeux, comme les Myriopodes voyants, s'y arrêtent de préférence.*

B. Le cristallisoir à fond de papier blanc est placé au soleil; les rayons solaires traversent la couche d'eau de 2 centimètres d'épaisseur. Une bande de carton verticale (fig. 3) projette sur le

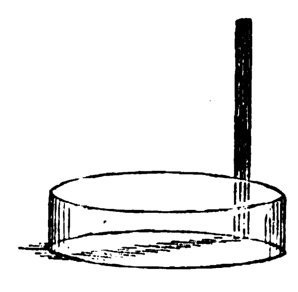


Fig. 3.

fond du cristallisoir et suivant un diamètre, une ombre *étroite*, large seulement de 3 centimètres.

Je débute par un Myriopode muni d'yeux, le *Litholius forficatus*.

Température, dans le cristallisoir, au soleil, 31° c. (1).

(1) J'ai malheureusement négligé de noter la température à l'ombre. La différence ne pouvait être grande, comme le prouvent les autres expériences.

L'animal est extrêmement agité et, en l'espace d'une heure, je n'observe que cinq arrêts.

1er	arrêt,	au soleil, durée.	51"
2e	—	à l'ombre de la bande, durée.	25"
3e	—	au soleil, durée.	10"
4e	—	—	16"
5e	—	—	28"

Il y a donc eu un seul arrêt dans l'ombre étroite de la bande de carton.

Je répète la même expérience avec un Myriopode sans yeux, le *Cryptops punctatus*.

Température, dans le cristallisoir, au soleil, 26° c., dans l'ombre étroite, 25° c. Sur la partie latérale gauche du cristallisoir est une région faiblement ombrée, résultant de la courbure même du vase.

1er	arrêt,	à l'ombre de la bande de carton, durée. . .	24"
2e	—	au soleil, durée.	14"
3e	—	dans l'ombre faible latérale, durée.	4"
4e	—	— — —	14"
5e	—	— — —	47"
6e	—	au soleil, durée.	8"
7e	—	tête et 14 premiers anneaux au soleil, le reste du corps à l'ombre de la bande de carton, durée.	26"
8e	—	au soleil, durée.	17"
9e	—	dans l'ombre faible latérale, durée.	23"
10e	—	au soleil, durée.	27"
11e	—	à l'ombre de la bande de carton, durée. . .	8"
12e	—	au soleil, durée.	9"

Il y a eu cinq arrêts au soleil, sur douze. Ces résultats contrastent fortement avec ceux de la série A, dans laquelle tous les arrêts du Cryptops, sauf un, ont eu lieu à l'ombre. J'en conclus que *lorsqu'un espace obscur est de faible étendue par rapport à la surface éclairée, les Myriopodes aveugles (et peut être les Myriopodes munis d'yeux), traversent cet espace sombre sans s'en apercevoir et ne savent plus le retrouver lorsqu'ils en ont dépassé les limites.*

C. L'expérience suivante effectuée *à la lumière diffuse* sur des Géophiles, vient encore à l'appui de la conclusion formulée cidessus.

Le cristallisoir à fond de papier blanc est en pleine lumière, *diffuse*, vive; il renferme neuf *Geophilus longicornis*. Un écran vertical de papier noir a été rogné par tâtonnements, jusqu'à produire sur le fond du cristallisoir une ombre en forme de secteur, n'intéressant qu'un quart de ce fond.

Pendant *deux heures*, les neuf Géophiles exécutent des courses continuelles dans tous les sens, ne paraissant pas s'apercevoir qu'il existe une région obscure. Au bout de ce temps, la fatigue, probablement, les oblige à s'arrêter; j'en trouve quatre en pleine lumière et cinq à l'ombre; à peu près partage égal.

Le lecteur remarquera que ce dernier résultat est parfaitement d'accord avec ce qui est relaté au § 2.

Le fait que les Myriopodes aveugles ou voyants traversent sans s'en douter une surface ombrée restreinte, et font au contraire toujours leurs pauses dans des régions obscures étendues, semble indiquer, dès à présent, que la perception de la lumière ou de la différence entre la lumière et l'obscurité, est lente chez ces animaux. Les § 4, 6 et 7 nous permettront de nous former à ce sujet une opinion définitive.

§ 4. — Troisième méthode : tube de verre horizontal avec manchon obscur mobile.

L'instrument employé consiste en un tube de verre de 51 centimètres de long et de 16 millimètres de diamètre intérieur, (fig. 4). Il est couché horizontalement et repose sur deux petits

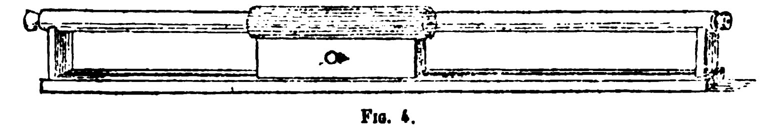


Fig. 4.

supports légèrement excavés. On a collé, à l'intérieur et dans toute la longueur, une bande de papier blanc, large de 5 millimètres, constituant la surface sur laquelle circuleront les Myriopodes. Enfin, les deux extrémités du tube sont fermées par des bouchons percés, dont les orifices sont garnis de toile métallique serrée.

Un manchon cylindrique de carton noirci, dont la longueur sera indiquée plus bas et d'un diamètre un peu supérieur au tube de verre, peut glisser le long de celui-ci, sans le toucher,

ce qui permet d'éviter les ébranlements et les bruits déterminés par le frottement.

Tous les essais ont été faits à une lumière vive, mais diffuse, de sorte qu'il ne peut être question de différences appréciables, de température. En outre, les déplacements du manchon noir vers la droite ou vers la gauche, ont toujours été rapides, de façon à ce que le passage de l'ombre à la lumière fût brusque.

Dans l'intérêt de l'exactitude, j'aurais du transcrire ici littéralement mes notes d'expériences; j'ai craint cependant que cette longue énumération de petits détails parût fastidieuse, aussi me bornerai-je à résumer les résultats.

A. Expérience sur un Myriopode voyant, le *Lithobius forficatus*. Manchon obscur de 20 centimètres de longueur.

L'animal qui effectue de nombreuses courses d'exploration dans l'intérieur du tube s'arrête cependant de temps à autres, soit pour se reposer, soit pour nettoyer ses antennes. Ces repos au nombre d'une dizaine, ont tous lieu à l'ombre du manchon.

Lorsque la Lithobie est ainsi immobile dans sa retraite obscure le déplacement du manchon noir ne la met pas immédiatement en fuite; un temps appréciable, parfois assez long, s'écoule avant que le Myriopode gêné par l'éclat du jour se remette en route.

Ce qui ressort de plus clair de cette expérience, c'est qu'il y a, de la part de la Lithobie, recherche instinctive de l'obscurité. Les résultats en ce qui concerne la rapidité plus ou moins grande avec laquelle se fait la perception de la lumière sont peu nets.

B. Expérience sur un Myriopode privé d'yeux, *le Cryptops punctatus*. Manchon obscur de 7 1/2 centimètres de longueur.

Le Cryptops, comme la Lithobie, se promène rapidement d'un bout à l'autre du tube, effectuant de nombreuses excursions dans les deux sens.

Il s'arrête quatorze fois, treize fois à l'ombre du manchon, une seule fois dans la région éclairée, où il reste cinq minutes.

Le déplacement brusque du manchon ne détermine jamais d'action immédiate; l'animal que l'on trouve invariablement se nettoyant les antennes, continue cette opération et ne se remet en marche que lorsque les appendices antennaires ont été tous deux consciencieusement brossés, article par article.

J'ai noté les durées suivantes pour le temps considérable qui s'écoule ainsi, entre l'instant où le manchon est déplacé et celui où le Myriopode commence à s'agiter :

2', 2', 10'', 30'', 2', 30'', moyenne 1 minute, 11 secondes.

Plusieurs fois, j'ai vu le Cryptops, pendant les moments où il était réfugié sous le manchon noir, explorer rapidement, à l'aide de ses antennes, la surface interne du tube de verre, en tâtonnant circulairement le long de la limite, entre la portion éclairée et la portion sombre de cette surface, comme s'il distinguait vaguement la limite en question et cherchait à se rendre compte de sa nature.

C. Des essais du même ordre, effectués à deux reprises différentes à l'aide de *Geophilus longicornis*, ne fournissent aucun résultat décisif. Ces animaux, continuellement agités, ne restent pas un instant immobiles et s'épuisent en efforts pour s'échapper au travers des ouvertures grillées des bouchons qui garnissent les extrémités du tube de verre.

Quoiqu'il en soit, l'expérience B sur le Cryptops prouve que les Myriopodes privés d'yeux perçoivent la lumière et recherchent l'obscurité. En outre, elle confirment une première fois l'hypothèse finale du § 3 en montrant que la perception est lente.

§ 5. — Quatrième méthode ; méthode de Graber.

V. Graber, dans ses curieuses recherches sur le Ver de terre, sur les Tritons et sur la Blatte germanique (1), a fait usage d'un excellent procédé fournissant des résultats d'une grande netteté.

Le savant professeur de Czernowitz employait une longue boîte prismatique en fer-blanc noirci dont un des longs côtés, celui qui se trouvait tourné vers la lumière, était divisé en plusieurs parties égales alternativement constituées par des panneaux pleins, par conséquent opaques, et par des vitres transparentes.

L'intérieur de la boîte offrait donc une série de régions différentes, les unes obscures, les autres éclairées. L'auteur mettait dans la boîte, en les distribuant d'abord uniformément, des ani-

(1) *Fondamental Versuche*..., etc. Op. cit. p. 208.

maux en nombre connu, puis, après un temps toujours le même, il comptait combien il y avait d'individus dans les régions éclairées et combien d'individus s'étaient réfugiés dans les régions sombres. L'instrument que j'ai construit (fig. 5 A) est analogue

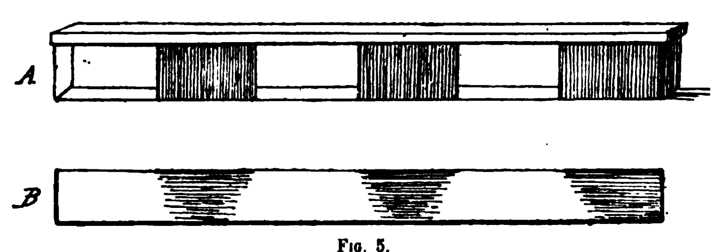


Fig. 5.

A. Boite vue extérieurement.
B. Plan de la boite avec l'indication des régions obscures.

à celui de Graber. Les seules modifications que j'y ai apportées ont été nécessitées par la facilité avec laquelle les petits Myriopodes grimpent le long des parois verticales et s'échappent par des fentes étroites.

La boîte est entièrement en verre à vitre recouvert, à l'extérieur, de papier noir double. Elle a 60 centimètres de longueur, 6 centimètres de largeur et 8 1/2 centimètres de hauteur. Le plancher est revêtu, à l'intérieur, d'une couche de papier blanc qui constitue la surface de reptation. Le couvercle, doublé de papier noir, est à rebords.

La boîte étant prismatique possède donc deux longues faces; celle que l'on tourne vers la lumière est partagée en six parties égales dont trois sont recouvertes extérieurement de papier noir double. Dans les trois autres qui alternent avec ces dernières, le verre est laissé nu et transparent.

Lorsque la boîte fermée à l'aide de son couvercle est placée devant une fenêtre, l'intérieur comprend naturellement trois régions éclairées et trois régions relativement obscures (fig. 5 B).

Les diverses expériences ont été faites à la lumière diffuse pour éviter les différences de température.

A. Expériences sur des Myriopodes voyants, *Lithobius forficatus*.

Je mets dans l'appareil douze Lithobies, et, à l'aide des barbes d'une plume d'oie, je les distribue à peu près uniformément partout. Toutes les dix minutes je note combien d'individus se

trouvent placés dans les régions éclairées et combien il y en a dans les régions obscures de la boîte. Puis, comme le faisait Graber, après chaque constatation, je redistribue uniformément les animaux dans toute la longueur de l'instrument afin de les forcer à manifester nettement leurs préférences.

Dans douze essais successifs, les Lithobies ont été trouvées cantonnées comme suit :

Dans les régions éclairés :
1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0. — Total 4.
Dans les régions obscures :
11, 12, 11, 12, 12, 12, 12, 12, 12, 11, 11, 12. — 140.

Le rapport est : $\frac{\text{Rég. obscures } 140}{\text{Rég. éclairées } 4} = 35{,}0.$

C'est-à-dire qu'il s'est trouvé trente-cinq fois plus d'individus à l'ombre qu'à la lumière.

La sensibilité des Lithobies pour la lumière et leur désir d'éviter l'éclat du jour sont assez intenses pour amener la plupart de ces animaux à aller se pelotonner en quelques instants dans le recoin le plus obscur de la boîte; aussi est-ce uniquement pour mettre de l'uniformité dans les expériences effectuées sur des espèces différente que j'ai laissé s'écouler dix minutes entre les observations successives.

B. Première expérience sur des Myriopodes aveugles, *Geophilus longicornis*.

Quinze Géophiles sont déposés dans la boîte. On fait comme plus haut douze observations séparées par des intervalles de dix minutes. Les mêmes précautions sont prises pour distribuer les animaux uniformément après chaque dénombrement.

Le temps est couvert, la lumière peu vive. Les Géophiles ont été trouvés répartis comme suit :

Dans les régions éclairées :
2, 5, 5, 5, 7, 5, 8, 8, 2, 5, 3, 6. — Total 61.
Dans les régions obscures :
13, 10, 10, 10, 8, 10, 7, 7, 13, 10, 12, 9. — Total 119.

Le rapport est : $\frac{\text{Rég. obscures } 119}{\text{Rég. éclairées } 71} = 1{,}95$, soit à peu près 2.

Ce qui veut dire qu'on a trouvé environ deux fois plus d'individus dans les parties obscures que dans les parties éclairées.

Le résultat manquant cependant, pour moi, de netteté, parce que de nombreux individus, au lieu de s'arrêter réellement à l'ombre, circulaient constamment à la recherche d'une fissure pour s'échapper, j'ai voulu recommencer l'expérience dans d'autres conditions.

J'ai eu alors l'idée d'utiliser l'influence du papier à filtrer humide qui, ainsi que l'ai expliqué au § 3, amène les Myriopodes chilopodes à se tenir immobiles. Seulement, pour éviter de créer certains emplacements de prédilection, ce qui aurait ôté toute valeur aux observations, j'ai recouvert *la totalité* du plancher de la boîte d'une couche uniforme de papier à filtrer humectée d'eau (1).

L'humidité étant la même partout, les choix des Myriopodes s'arrêtant dans tel ou tel emplacement ne pouvaient être déterminés que par des différences d'*éclairage*.

Le procédé a parfaitement réussi, comme le montrent les deux expériences ci-dessous.

C. Deuxième expérience sur des Myriopodes aveugles, *Geophilus longicornis* (surface de reptation recouverte de papier humide).

J'emploie dix-sept Géophiles. Toutes les précautions sont les mêmes que dans les expériences précédentes.

Beau temps, lumière diffuse vive. Les individus ont été trouvés distribués comme suit :

Dans les régions éclairées :

2, 4, 2, 2, 5, 1, 3, 4, 9, 4, 3, 2. — Total 41.

Dans les régions obscures :

15, 13, 15, 15, 12, 16, 14, 13, 8, 13, 14 15. — Total 163.

Le rapport est : $\frac{\text{Rég. obscures } 163}{\text{Rég. éclairées } 41} = 3,97$, soit à peu près 4.

Il y a donc eu environ quatre fois plus de Géophiles dans les régions sombres que dans les régions éclairées.

D. Troisième expérience sur des Myriopodes aveugles, *Cryptops punctatus*.

Ici le procédé du papier à filtrer mouillé est indispensable ;

(1) Afin de produire une répartition bien égale de l'humidité, la bande de papier à filtrer roulée sur elle-même a été plongée dans l'eau ; lorsqu'on l'a supposée bien imbibée, l'excès de liquide a été exprimé ; puis la bande a été déroulée sur le fond de la boîte en évitant soigneusement les plis et les déchirures.

en effet, dans un essai antérieur, avec plancher sec, les Cryptops s'étaient promenés continuellement pendant trois heures sans s'arrêter nulle part. Sur une surface humide, ils s'arrêtent au contraire au bout de peu de temps.

J'emploie deux Cryptops seulement, parce que ces animaux sont relativement rares et qu'il m'est impossible, au moment de l'expérience, de me procurer plus d'individus.

Ciel lumineux, lumière diffuse vive, mêmes précautions que plus haut. Douze observations fournissent :

Dans les régions éclairées :
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.

Dans les régions obscures :
2, 2, 2, 2, 2 (*), 2, 2, 2, 2 (*), 2, 2, 2.

Étonné de l'uniformité des résultats, je change, à deux reprises, aux moments indiqués par des astérisques, la direction de la boîte, de façon à modifier les formes et, jusqu'à un certain point, l'étendue relative des surfaces éclairées et ombrées; mais rien n'y fait; toujours les deux Cryptops vont se blottir à peu de distance l'un de l'autre dans l'extrémité la plus obscure de la boîte.

Les diverses expériences que je viens de décrire démontrent ce fait curieux que *la sensibilité des Myriopodes aveugles pour la lumière est assez grande et n'est pas beaucoup inférieure à celle des Myriopodes munis d'yeux.*

III

EXPÉRIENCES SUR LA RAPIDITÉ DE LA PERCEPTION.

§ 6. — Première méthode ; emploi d'un écran mobile.

On a vu plus haut (fin du § 3 et fin du § 4) qu'il semble résulter des recherches que j'ai instituées pour déterminer s'il y a perception de lumière de la part des Myriopodes aveugles, que cette perception est lente à s'effectuer, c'est-à-dire qu'il y aurait une *période latente* plus ou moins longue entre l'instant où la lumière agit sur le corps de l'Arthropode et l'instant où ce dernier perçoit l'excitation. Des expériences variées étaient nécessaires pour se former une conviction à cet égard.

La méthode que j'ai mise d'abord en usage est celle à laquelle

on songe naturellement en premier lieu comme étant la plus simple et la plus facile à employer. Elle consiste à masquer pendant quelques minutes la lumière directe à l'aide d'un écran, à enlever ensuite celui-ci rapidement, enfin à noter le temps qui s'écoule entre le moment où les rayons lumineux tombent en plein sur l'animal et celui où l'on constate à des signes extérieurs que le Myriopode s'aperçoit des conditions physiques nouvelles dans lesquelles il se trouve.

Les expériences ont été faites au soleil, mais en interposant, comme dans d'autres essais antérieurs, une auge en verre contenant une couche d'eau de 2 centimètres d'épaisseur (voy. fig. 2). Les Myriopodes placés dans un cristallisoir à fond de papier blanc se tenaient immobiles à l'ombre, grâce à une trace humide située du côté du vase le plus proche de la fenêtre. L'écran était une feuille de carton épais, verticale.

J'ai considéré, faute de mieux, comme instant où la perception de la lumière a lieu, ou plus exactement où cette perception est complète, celui où les animaux observés présentent le balancement caractéristique de la tête indiquant qu'ils vont se mettre en mouvement. Le balancement de la tête constitue, du reste, en général, le premier signe perceptible d'agitation.

A. Expérience sur un Myriopode muni d'yeux (*Lithobius forficatus*).

Température, dans le cristallisoir, au soleil.		27°0 c.
—	— à l'ombre de l'écran.. .	25°5 c.
	Différence. . . .	1°5 c.

On a effectué vingt essais. Les nombres de secondes écoulés entre l'enlèvement de l'écran et les premières manifestations d'activité ont été :

1er essai..	2"	soleil voilé.	11e essai..	4"	soleil franc.
2e — .	5"	—	12e — .	4"	—
3e — .	47"	—	13e — .	27"	soleil voilé.
4e — .	8"	—	14e — .	40"	—
5e — .	28"	—	15e — .	15"	—
6e — .	9"	—	16e — .	47"	—
7e — .	5"	soleil franc.	17e — .	14"	—
8e — .	7"	—	18e — .	48"	—
9e — .	9"	—	19e — .	5"	soleil franc.
10e — .	10"	—	20e — .	20"	—

La moyenne générale est 17",7.

On remarquera que cette durée moyenne est considérable et que la plus petite durée qui ait été observée est encore de deux secondes.

Le tableau ci-dessus montre, en outre, que la période latente est plus courte lorsque la lumière solaire est franche (moyenne 8") que lorsqu'elle est légèrement voilée par des nuages (moyenne 24").

B. Expérience sur un Myriopode aveugle, le *Cryptops punctatus*.

Température, dans le cristallisoir, au soleil.		26° c.
—	— à l'ombre de l'écran. .	25° c.
	Différence.	1° c.

Les essais sont, comme pour la Lithobie, au nombre de vingt.

Soleil *légèrement* voilé pendant toute l'expérience.

1er essai. . . .	6"	11e essai. . . .	2"
2e —	25"	12e —	28"
3e —	16"	13e —	6"
4e —	29"	14e —	5"
5e —	22"	15e —	44"
6e —	17"	16e —	2"
7e —	24"	17e —	25"
8e —	6"	18e —	2"
9e —	28"	19e —	28"
10e —	8"	20e —	25"

La moyenne générale est 17", 4, à peu près exactement celle qui a été observée pour la Lithobie (17", 7).

Ce n'est évidemment pas le hasard qui a amené cette concordance remarquable entre les deux moyennes. En effet, d'abord les essais ont été assez nombreux, de part et d'autre, pour obtenir, malgré de grands écarts partiels, des moyennes très approchées de l'exactitude : ensuite l'accord entre les résultats existe même dans les détails; ainsi, la plus petite durée observée est 2" pour les deux Myriopodes, et la plus grande est 48" pour la Lithobie et 44" pour le Cryptops.

Il paraît donc résulter des expériences faites à l'aide de la méthode de l'écran mobile, non seulement qu'il existe bien réellement une période latente notable entre l'instant où commence l'excitation lumineuse et l'instant où cette excitation est perçue,

mais, de plus, chose très curieuse, que la durée de cette période est à peu près la même chez les Myriopodes pourvus d'organes de vision et chez les Myriopodes aveugles.

Je ne pouvais cependant me borner au moyen un peu grossier dont il vient d'être question, car il offre deux causes d'erreurs à éviter : 1° un contraste trop faible entre la lumière et l'ombre, puisque derrière l'écran, les animaux sont encore éclairés par la lumière diffuse réfléchie par les murs de l'appartement; 2° des changements très appréciables de température; un bon thermomètre indiquant, malgré l'interposition d'une couche d'eau, environ un degré de plus au soleil. C'est pour ces motifs que j'ai eu recours au procédé que je vais décrire.

§ 7. — Deuxième méthode : emploi d'une boîte complètement obscure avec panneau mobile.

L'animal à essayer est logé dans un petit cristallisoir en verre de 7 centimètres de diamètre; celui-ci est placé dans une boîte cylindrique verticale en carton noirci (fig. 6) ayant 11 centimètres de diamètre et 20 centimètres de hauteur.

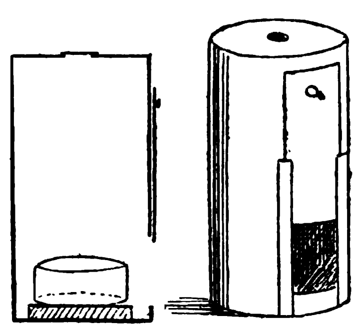


Fig. 6.

Le plafond ou couvercle de la boîte est percé d'une petite ouverture d'un centimètre carré, environ, permettant d'observer ce qui se passe à l'intérieur et qui, en dehors des moments d'observation est elle-même fermée.

Enfin, sur le côté de la boîte que l'on tourne vers la lumière, est un grand orifice rectangulaire de 10 centimètres de haut et de 5 1/2 centimètres de large, que l'on peut clore où ouvrir à volonté, à l'aide d'un panneau opaque mobile glissant de haut

en bas dans des coulisses à bords assez larges pour intercepter tout filet de lumière.

Quand la boîte est fermée, le Myriopode en expérience se trouve dans une obscurité complète et, lorsqu'on soulève rapidement le panneau mobile, la lumière vient le frapper d'une façon brusque.

Si l'Artropode est trouvé immobile, ce que l'on obtient à peu près à coup sûr, en déposant dans le petit cristallisoir un carré de papier à filtrer humide, on n'a qu'à compter le nombre de secondes qui s'écoule entre l'accès de la lumière et les premiers signes d'agitation extérieure, précurseurs de la mise en marche.

Toutes les expériences sont effectuées à la lumière diffuse, de façon à éviter les variations de température. Les durées des séjours bans l'obscurité complète ont toujours été d'au moins dix minutes.

A. Expériences sur des Myriopodes pourvus d'yeux. *Lithobius forficatus.*

Première expérience. Temps couvert. Température de l'appartement 19° c.

Les nombres de secondes écoulés entre l'enlèvement du panneau plein et les premiers mouvements d'inquiétude du Myriopode ont été :

1er essai. . . .	1"	7e essai.. . . .	4"
2e —	0"	8e —	9"
3e —	1"	9e —	1"
4e —	2"	10e —	2"
5e —	0"	11e —	12"
6e —	3"	12e —	1"

Moyenne. . . . . 3"

Deuxième expérience à l'aide de deux autres individus. Temps clair; soleil (à l'extérieur). Température de l'appartement 18° c.

2e INDIVIDU.		3e INDIVIDU.	
1er essai. . . .	6"	7e essai.. . . .	9"
2e —	3"	8e —	9"
3e —	11"	9e —	11"
4e —	8"	10e —	8"
5e —	1"	11e —	6"
6e —	11"	12e —	8"

Moyenne. . . . . 7",5

Moyenne générale pour les trois individus, 5", 2.

En comparant ces résultats à ceux du § 6, on constate que la perception de la lumière s'est faite beaucoup plus rapidement. Ce qui s'explique parfaitement, l'excitation étant plus intense lorsque, comme dans le cas actuel, la Lithobie passe rapidement de l'obscurité complète, à la pleine lumière.

B. Première expérience sur un Myriopode aveugle; *Cryptops punctatus* (1).

Temps clair, soleil (à l'extérieur). Température de l'appartement 25° c.

1er essai.	2"	7e essai. .	0"	soleil voilé,
2e —	2"	8e — . .	3"	—
3e —	8"	9e — . .	8"	—
4e —	7"	10e — . .	0"	
5e —	0"	11e — . .	0"	—
6e —	13"	12e — . .	8"	
Moyenne.			4",2	

La méthode relativement défectueuse de l'écran mobile (§ 6) avait donné ce résultat contestable que, chez les Cryptops aveugles, la lumière est perçue dans le même temps que chez les Lithobies pourvues d'yeux. L'expérience qui précède prouve cependant que le fait est bien exact. Les durées moyennes de 4",2 observées pour un Cryptops et de 5",2 fournies par les Lithobies devant être considérées comme très voisines, surtout si l'on tient compte de cette particularité que le Cryptops était excité par une température plus élevée.

C. Deuxième expérience sur des Myriopodes privés d'yeux. *Geophilus longicornis.*

Température de l'appartement, 18° c.

1er individu. (Temps couvert.)		2e individu. (Soleil légèrement voilé.)	
1er essai. . . .	5"	7e essai.. . . .	2"
2e —	7"	8e —	2"
3e —	13"	9e —	1"
4e —	2"	10e —	1"
5e —	7"	11e —	1"
6e —	2"	12e —	1"
Moyenne.		3",6	

(1) C'est avec beaucoup de peine que j'ai obtenu cette série. Le seul moyen de faire rester un Cryptops immobile, tout en lui conservant son excitabilité, est de lui donner un fragment de papier humide, renouvelé de temps à autres, mais que l'on supprime lors de chaque essai, avant de mettre le Myriopode dans l'obscurité.

Ici le temps qui s'écoule entre l'action brusque de la lumière et les actes extérieurs qui indiquent la perception paraît encore plus court que pour les Cryptops. Ce résultat, bien que ne me satisfaisant pas complètement, montre cependant que chez les Géophiles aveugles la période latente n'est certainement pas plus longue que chez les Lithobies munies d'organes visuels.

Je sais fort bien qu'il ne faut attacher aucune valeur *absolue* à des chiffres obtenus à l'aide d'une montre à secondes dans des observations délicates dont les résultats sont en partie faussés : 1° par des erreurs personnelles, et 2° par l'impossibilité de distinguer la perception chez l'animal autrement que par des mouvements qui sont probablement loin de suivre immédiatement l'instant réel de cette perception. Mais les erreurs ayant toujours été de même nature, la valeur *relative* des nombres observés conserve une signification importante.

Toutes les expériences relatées dans le paragraphe qui précède et dans le paragraphe actuel nous conduisent donc à admettre que *chez les Myriopodes chilopodes il faut, en général, un temps assez long pour que ces animaux s'aperçoivent qu'ils ont passé d'une obscurité relative ou complète à la lumière du jour et que la durée de la période latente n'est pas plus grande chez les Myriopodes aveugles que chez les Myriopodes munis d'yeux* (1).

§ 8. — Conclusions.

Quelque imparfaites que soient mes recherches, et malgré le défaut de netteté de certains résultats fournis par des animaux dont les actes extérieurs sont peu variés et sont, partant, très difficiles à interpréter, je crois avoir assez multiplié les expériences pour pouvoir énoncer les conclusions suivantes déjà formulées çà et là dans le cours du travail, mais que le lecteur trouvera ici groupées avec ordre :

1° Les Myriopodes chipolodes aveugles perçoivent la lumière du jour et savent choisir entre cette lumière et l'obscurité ;

(1) Bien que la chose puisse paraître paradoxale aux physiologistes qui ne se sont occupés de la vision que chez l'homme, je crois, d'après quelques observations qui demandent à être complétées, que ce phénomène curieux d'une longue période latente entre l'action de la lumière et la perception est très répandu, sinon général chez les Arthropodes. Il y a là matière à des recherches curieuses que je me réserve de poursuivre.

2° Chez les Myriopodes chilopodes munis d'yeux et chez les Chilopodes dépourvus de ces organes, il faut, en général, un temps assez long pour que ces animaux s'aperçoivent qu'ils ont passé d'une obscurité relative ou complète à la lumière du jour;

3° La durée de cette période latente n'est pas plus grande chez les Myriopodes aveugles que chez les Myriopodes munis d'yeux;

4° Il résulte de la lenteur avec laquelle se fait la perception que lorsqu'un espace obscur est de faible étendue par rapport à la surface éclairée, les Myriopodes aveugles, quoique sensibles à la lumière, traversent cet espace sombre sans s'en apercevoir et ne savent plus le retrouver lorsqu'ils en ont dépassé les limites;

5° Quand les Myriopodes chilopodes aveugles ou munis d'yeux, déposés sur le sol, s'introduisent avec empressement dans la première fente qu'ils rencontrent, cet acte n'est pas déterminé par le seul besoin de fuir la lumière; ces animaux cherchent en même temps un milieu humide et avec lequel la plus grande partie de la surface de leur corps soit en contact direct (1).

(1) Il reste à déterminer si les Myriopodes aveugles distinguent les couleurs. Ce sera le sujet d'un autre travail dont je prépare les matériaux.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LES

CENTRES RESPIRATOIRES DE LA MOELLE ÉPINIÈRE

Par E. WERTHEIMER
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lille.

Introduction.

« Non seulement la vie du tronc dépend de la moelle épinière, mais chaque partie dépend spécialement de la portion de cette moelle dont elle reçoit ses nerfs. » En parlant ainsi de la vie du tronc, Legallois (1) avait principalement en vue la plus importante des manifestations de la vie, les mouvements : la proposition qu'il a formulée doit plus que jamais servir de base à toute étude sur le fonctionnement de la moelle épinière, et se confirme tous les jours davantage.

Mais tout en établissant ce principe, Legallois avait été forcé de conclure d'après ses remarquables expériences, que les mouvements respiratoires du tronc avaient leur centre ailleurs que dans la moelle et faisaient ainsi exception à la règle qu'il avait lui-même posée. Il a d'ailleurs eu soin de faire ressortir immédiatement la difficulté; « les nerfs diaphragmatiques et tous les autres nerfs des muscles qui servent aux phénomènes mécaniques de la respiration, prennent naissance dans la moelle épinière de la même manière que ceux de tous les autres muscles du tronc. Comment se fait-il donc qu'après la décapitation, les seuls mouvements inspiratoires soient anéantis et que les autres subsistent. C'est là, à mon sens, un des grands mystères de la puissance nerveuse, mystère qui sera dévoilé tôt ou tard (2). » Le mystère a été éclairci, en effet, et d'une façon fort simple. Il a été démontré que les mouvements respiratoires du tronc obéissent, eux aussi, à loi commune, et que leurs centres immédiats doivent être cherchés dans la moelle épinière. La proposition de Legallois a donc une portée plus grande encore qu'il

(1) *Œuvres de Legallois*. Edit. 1830, p. 62.
(2) *Id. Ibid.*, p. 63.

ne l'avait lui-même supposé. Les faits rapportés dans notre travail viennent s'ajouter à ceux qui sont déjà connus pour prouver qu'elle se vérifie même en ce qui concerne le mécanisme de la respiration. De plus, nous nous sommes surtout proposé ici de déterminer, ce qui n'avait pas encore été fait, les véritables caractères des mouvements respiratoires auxquels préside la moelle par elle-même, sans l'intervention du bulbe. Nous avons étudié également, et ce sera l'objet d'un prochain mémoire, les effets des excitations centripètes sur ces mouvements, enfin l'influence de certaines conditions expérimentales qui peuvent faciliter et hâter leur retour après l'ablation de la moelle allongée : ce sont là les différents points dont nous nous occuperons après avoir passé en revue les principaux travaux publiés sur cette question.

Première Partie. — Historique et Critique.

Il n'y a pas lieu de s'étonner que l'opinion qui place dans le bulbe le centre exclusif des mouvements respiratoires soit restée si longtemps classique et qu'elle soit encore soutenue aujourd'hui. Elle s'appuie en effet sur des expériences qui, au premier abord, paraissent absolument probantes, et qui ont donné aux physiologistes de toutes les époques, les mêmes résultats.

La section de la moelle épinière entre la première et la deuxième vertèbre cervicale, anéantit sur-le-champ la respiration avec la vie : voilà ce qu'avait vu Galien (1), et bien longtemps après lui Lory (2).

On ouvre le crâne d'un jeune lapin et on fait l'extraction du cerveau par portions successives, d'avant en arrière, « on peut enlever de cette manière tout le cerveau proprement dit, ensuite le cervelet et une partie de la moelle allongée : mais la respiration cesse subitement lorsqu'on arrive à comprendre dans une tranche l'origine des nerfs de la huitième paire. »

La conclusion qui s'impose aux témoins de ces mémorables expériences de Legallois (3), c'est que le premier moteur ou le principe de tous les mouvements respiratoires, a son siège dans cet endroit de la moelle allongée qui donne naissance aux nerfs

(1) *De anatom. administr.* Leipzig, 1821, p. 696 et 697.

(2) *Acad. des sciences. Mém. des sav. étrangers*, t. III.

(3) *Ouv. cit.*

de la huitième paire (1). Legallois montre encore que la section des centres nerveux, faite au-dessous de cette région circonscrite du bulbe, abolit les mouvements du tronc en laissant persister ceux de la tête; faite au-dessus, elle ne supprime plus que ces derniers et ne trouble pas ceux du tronc.

Les recherches de Flourens (2) qui viennent apporter une nouvelle confirmation aux faits signalés par Legallois, ont eu trop de retentissement pour qu'il soit nécessaire d'y insister : on peut dire qu'ils servent encore de base aujourd'hui à toute l'histoire des centres respiratoires. Sans doute, la théorie du nœud vital, au sens où l'entendait Flourens, n'a pu résister longtemps aux enseignements de la physiologie générale; s'il ne fut pas difficile de démontrer que « l'exercice de l'action nerveuse, l'unité de cette action, la vie entière de l'animal, en un mot, » ne peut dépendre ainsi d'un point circonscrit du système nerveux, par contre, tous les physiologistes, sauf quelques rares exceptions, ont continué, depuis Flourens, à regarder ce point comme le centre et le premier moteur du mécanisme respiratoire.

La plupart même de ceux qui ont répété ces expériences restaient d'accord avec lui sur le fond de la question, c'est-à-dire sur l'existence du centre unique, et ne contestaient que le siège exact qu'il fallait lui attribuer. Il est important de rappeler que Flourens dans ses différentes publications ne lui a pas toujours assigné les mêmes limites. Il s'agissait d'abord d'une partie qui n'offrait que quelques lignes d'étendue, commençant immédiatement au-dessus de l'origine de la huitième paire et s'étendant à trois lignes au-dessous (3); plus tard, ce n'est plus qu'un point qui n'est pas plus gros qu'une tête d'épingle (4); plus tard, enfin, le nœud vital devient double, c'est-à-dire formé de deux parties réunies sur la ligne médiane. « Une section transversale de cinq millimètres dans un point de la moelle allongée, c'est-à-dire passant par le millieu du V de la substance grise, voilà tout ce qu'il faut pour détruire la vie (5). »

Il n'est donc pas étonnant que les autres physiologistes aient

(1) Percy, *Comptes rendus et Mém. de l'Acad. des Sciences*, t. I, p. 247 et 259.
(2) *Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du système nerveux*. Paris, 1842.
(3) *Ouv. cit.*, p. 203 et 204.
(4) *Comptes rendus*, oct. 1851, p. 437.
(5) *Comptes rendus*, nov. 1858.

varié également sur le siège précis du centre respiratoire; c'est ainsi que Longet le place dans le faisceau intermédiaire du bulbe. Schiff le localise à la partie antérieure de l'aile grise, un peu en arrière de l'émergence du pneumogastrique. L'un et l'autre constatent, ainsi que Volkmann, qu'une section de la moelle allongée, passant par la pointe du V de substance grise, n'abolit pas la concordance des mouvements respiratoires bilatéraux, et ils en concluent, comme le fit plus tard Flourens, que les centres respiratoires bulbaires sont pairs et situés symétriquement de chaque côté de la ligne médiane (1).

Seul, Brown-Séquard s'élève contre le fond même de l'opinion de Flourens : dans ses « Recherches sur les causes de la mort après l'ablation de la partie de la moelle allongée qui a été nommée point vital, » l'éminent physiologiste établit dès lors une règle capitale dans l'étude des centres nerveux, à savoir que les effets observés à la suite des lésions traumatiques de ces centres, peuvent reconnaître deux causes absolument distinctes : soit la perte de fonction par suppression de la partie lésée, soit au contraire l'irritation produite sur les parties voisines, ou même sur les organes éloignés. Sans nier les résultats obtenus par Flourens, il soutient qu'on peut les interpréter différemment; mais il montre aussi qu'ils ne sont pas constants, que la respiration peut avoir lieu avec force et régularité pendant un grand nombre de jours après l'ablation du nœud vital. La mort subite, quand elle se produit, n'est donc pas due à l'extirpation de ce point mais à l'irritation des parties voisines qui produisent un arrêt du cœur et des mouvements respiratoires; de ces deux effets de l'opération, le dernier est une cause de mort plus fréquente que l'autre et peut exister seule. Enfin, le procédé même de Flourens, qui consiste dans l'emploi d'un emporte-pièce, expose plus que tout autre à ce résultat, parce qu'il agit brusquement sur toute la surface qu'un bistouri ou des ciseaux n'irritent que partiellement. Tels sont dans leurs traits principaux les faits rapportés et l'opinion émise par Brown-Séquard dès 1858 (2).

(1) Longet. *Arch. génér. de médec.*, t. XIII, p. 377 et *Traité de phys.* — Schiff, *Lehrb. der Phys.* 1° Th., p. 322, 1858-59. — Volkmann, *Wagners-Handwor*, I, p. 591.

(2) *Journ. de Phys.*, t. I, p. 217, 1858.

Pourquoi, malgré l'autorité de ce physiologiste, ces idées n'ont-elles pas prévalu? Sans doute pour deux motifs principaux : le premier, c'est que le centre respiratoire n'étant pas en réalité, malgré tous les efforts de Flourens, délimité d'une façon précise, on pouvait supposer que Brown-Séquard n'en avait enlevé qu'une portion. Schiff aussi et Longet ont pu impunément extirper le nœud vital de Flourens, mais ils avaient été seulement amenés ainsi à localiser, le centre respiratoire en un point différent du bulle. D'autre part, l'interprétation que donnait Brown-Séquard des effets de l'opération, c'est-à-dire de l'arrêt des mouvements respiratoires, bien que fort légitime, prêtait évidemment à la discussion : on n'était pas encore familiarisé avec ces phénomènes d'arrêt ou d'inhibition que produit à l'irritation de certaines parties des centres nerveux et sur lesquels ce physiologiste n'a cessé dès lors de revenir.

Cependant aujourd'hui tout porte à croire que les effets consécutifs de l'ablation du nœud vital reconnaissent comme cause un phénomène de ce genre. Paul Bert (1) n'a-t-il pas démontré qu'une excitation violente du pneumogastrique peut amener la mort subite par arrêt de la respiration, et l'on comprend facilement que l'irritation de la partie du bulbe voisine de l'origine du nerf, puisse par un mécanisme analogue, avoir les conséquences semblables? Le désaccord même qui a régné entre les physiologistes sur l'endroit précis où il faut pratiquer l'opération de Flourens, n'est-il pas une preuve que l'abolition des mouvements respiratoires du tronc est le résultat des lésions dont le siège peut varier dans des limites assez étendues, pourvu qu'elles produisent une irritation suffisante?

C'est ainsi que Legallois avait déjà dit que la section du bulbe faite immédiatement au-dessous de la protubérance peut quelquefois supprimer la respiration, bien que dans ce cas les connexions, entre le centre bulbaire et la moelle, ne soient pas interrompues. Longet a vu des animaux mourir instantanémant quand l'incision portait sur la profondeur du faisceau intermédiaire, même quand elle était unilatérale. L'irritation des parties voisines du point vital amène quelquefois l'arrêt de la respiration, bien que ce point ne soit pas lésé, a dit Brown-Séquard (2). Ce dernier a

(1) *Leçons sur la phys. comp. de la respiration*, 1870.
(2) *Journal de la Physiologie*, 1858, t. I, p. 233.

observé, comme Legallois, que la section transversale des parties voisines de la moelle allongée et situées en avant d'elle, protubérance, pédoncule cérébral, détermine souvent le même effet (1). Il se produit sans doute dans toutes ces expériences une action irritative exercée à distance par le traumatisme, et nous sommes en droit de supposer que l'opération de Flourens agit de la même manière et non pas seulement par suppression d'un centre.

Des arguments d'un autre ordre, fondés surtout sur l'anatomie, étaient venus dans ces dernières années ébranler la théorie classique. Gierke (2) s'est appliqué à déterminer des lésions très circonscrites du bulbe et à rechercher ensuite, à l'aide du microscope, sur l'animal mort, quel est le point précis du bulbe que l'on doit intéresser pour arrêter définitivement les mouvements respiratoires. Il a trouvé qu'il fallait diviser un faisceau longitudinal des fibres nerveuses situées de chaque côté en dehors du noyau du pneumogastrique et plus superficiellement que lui, prenant son origine en haut, à quatre millimètres au-dessus de la pointe du calamus, et se perdant inférieurement dans le réseau nerveux compris entre les cornes antérieures et postérieures; ce faisceau est en connexion probable avec celui du côté opposé et avec les noyaux d'origine du pneumogastrique et du trijumeau. Gierke a pu sectionner isolément les différents amas ganglionnaires qui entourent le faisceau, sans influencer les mouvements respiratoires : ceux-ci n'étaient définitivement abolis que quand le faisceau était divisé avec la substance grise voisine. Rosenthal, en citant le travail de Gierke, ajoute que les notions fondamentales de physiologie ne permettent pas de placer dans une couche de fibres nerveuses, privée de cellules, le foyer excitateur des mouvements respiratoires. Aussi, Gierke n'a-t-il pas considéré son faisceau comme un centre, mais simplement comme une voie de communication entre les noyaux bulbaires, en particulier ceux du pneumogastrique et du trijumeau, d'une part, et le noyau d'origine des nerfs respirateurs de la moelle, d'autre part; et il a supposé qu'il était destiné à amener à ces derniers des excitations capables de provoquer et de modifier leur activité.

(1) *Journal de la Physiologie*, 1860, t. III, p. 153.
(2) *Arch. f. anat. und physiol.*, t. VII, p. 583, 1873.

Si les conclusions de Gierke avaient été exactes de tous points, elles suffisaient à elles seules pour démontrer que l'opération de Flourens n'agit pas par suppression d'un centre, puisqu'un centre suppose toujours une agglomération de cellules ganglionnaires. Mais Gierke, dans une courte communication toute récente (1), revient sur la description qu'il avait donnée du faisceau respiratoire, pour y décrire maintenant des éléments nerveux à forme cellulaire, interposés aux fibres blanches. Tout ce que nous voulons retenir ici de ces intéressantes recherches de Gierke, c'est que ce nouvel essai de localisation du point précis dont la section produit l'arrêt respiratoire, a encore une fois donné des résultats qui diffèrent notablement des tentatives antérieures du même genre, et que ce faisceau, dont l'intégrité semble nécessaire à la respiration, offre une structure et des dispositions qui ne sont pas ordinairement celles des centres.

Malgré ces contradictions, un point cependant reste acquis : pour suspendre la respiration, la lésion du bulbe doit porter de préférence sur une région assez circonscrite de cet organe au niveau du nœud vital de Flourens, ou dans son voisinage : si la section ou la piqûre d'autres parties situées plus haut peut amener les mêmes effets, ceux-ci, cependant, sont exceptionnels. Si nous admettons avec Brown-Séquard, Langendorff, que l'arrêt de la respiration n'est qu'un phénomène d'inhibition, comment pouvons-nous expliquer qu'il y ait pour le produire un lieu d'élection ? C'est sans doute qu'à ce niveau on opère à proximité de l'origine du pneumogastrique et aussi de celle du trijumeau, qui répondent tous deux par un arrêt de la respiration à une excitation centripète un peu forte. Pour que ces nerfs agissent comme ils le font, il faut de toute évidence que leurs noyaux soient en communication par des fibres spéciales, avec les centres respiratoires quels qu'ils soient, bulbaires ou médullaires, et l'excitation de ces fibres, à leur tour, doit avoir les mêmes effets physiologiques que celle des troncs nerveux. Il ne nous semble guère possible d'aller plus loin dans l'explication des phénomènes inhibitoires consécutifs aux lésions du bulbe. Comme on le verra dans le cours de ce travail, l'opinion que nous venons de développer ne nous empêche

(1) *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1885, p. 593.

pas d'admettre dans le bulbe l'existence d'un appareil central dont les différentes parties sont encore à déterminer mais dont le fonctionnement ne peut être ainsi troublé ou supprimé par le fait d'un traumatisme, sans qu'il en résulte également des conséquences immédiates pour le jeu de la respiration.

Les arguments que nous avons passés en revue fournissent une explication satisfaisante d'une première série de faits qui ont servi à fonder la théorie d'un centre respiratoire unique : ce sont ceux dans lesquels on pratique l'extirpation d'un point circonscrit dans la moelle allongée. Mais que répondre à cet autre ordre d'expériences qui consistent à arrêter instantanément tout le jeu du mécanisme respiratoire par une section de la moelle, immédiatement au-dessous du bulbe. Celles-ci avaient été répétées par tant de physiologistes, avec un succès si constant, qu'elles ne semblaient pas pouvoir prêter à la discussion. Cependant des faits contradictoires avaient été signalés pour la première fois dès 1860, par Brown-Séquard, que nous citons ici textuellement : « Dans certains cas et chez certains animaux, on peut voir des mouvements respiratoires s'opérer après l'ablation de la moelle allongée. Le docteur Bennet-Dowler, de la Nouvelle-Orléans, a signalé cette persistance chez les crocodiles, nous l'avons constatée et nous l'avons fait voir nombre de fois dans nos cours chez les oiseaux, enfin, le Dr B.-W. Richardson, de Londres, et nous-même l'avons observée chez les Mammifères nouveau-nés » (1). Il ne s'agit plus ici, comme dans le cas d'extirpation ou de piqûre du nœud vital, d'expériences qui peuvent recevoir des interprétations diverses : celles-ci démontrent indubitablement que le bulbe n'est pas le seul centre respiratoire. Et cependant il faut reconnaître qu'elles n'ont pas modifié les idées régnantes sur ce point particulier de la science. Exposées dans les lignes que nous venons de citer, elles semblent avoir été moins connues que celles dont il a été précédemment question et qui, elles, prêtaient mieux à la controverse; peut-être aussi les quelques cas cités par Brown-Séquard ont-ils été regardés comme des exceptions trop rares pour pouvoir infirmer la généralité des résultats obtenus à la suite de l'ablation du bulbe.

Toujours est-il, que jusqu'à une époque récente, la théorie du

(1) *Journal de la Physiologie*, 1860, p. 153.

centre respiratoire unique a continué à être enseignée dans les traités classiques et admise par les physiologistes les plus autorisés. Elle a été développée par Vulpian en ces termes : « Si chez un mammifère on pratique une section du bulbe un peu en arrière du bec du calamus scriptorius, toute respiration thoracique reflexe devient impossible, et l'on reconnaît facilement ainsi la subordination absolue des foyers médullaires d'origine des nerfs respiratoires au bulbe rachidien. Il semble que du centre respiratoire du bulbe partent des éléments qui le mettent en communication avec tous ces foyers, tandis que ces foyers ne seraient pas eux-mêmes en relation directe les uns avec les autres. Sous l'influence d'une irritation portant sur un ou plusieurs nerfs sensitifs, ces foyers ne sont pas excités tous ensemble et il ne pourra pas se produire un mouvement respiratoire complet et efficace. » Il est nécessaire que l'excitation soit transmise au bulbe : « ce centre respiratoire étant en relation avec tous les foyers d'origine des nerfs de l'appareil respiratoire, pourra mettre en jeu tous ces nerfs simultanément et provoquer ainsi un mouvement complet de respiration (1). » On ne pouvait exposer d'une façon plus logique et plus claire les connexions du centre bulbaire avec les centres médullaires telles qu'elles semblaient ressortir des expériences habituelles. C'est en termes presque identiques que cette théorie a été formulée par Béclard : « La section complète du bulbe au niveau du calamus rompt les liens qui relient avec le centre incitateur des mouvements respiratoires, ou nœud vital, les divers foyers nerveux échelonnés le long de la moelle et impliqués dans le mécanisme des mouvements respiratoires (2). »

Mais dans ces dernières années, une série de recherches faites dans d'autres directions avaient montré que la moelle épinière remplit comme centre fonctionnel un rôle beaucoup plus important qu'on ne l'avait supposé. Il a été reconnu successivement que les centres qui président aux mouvements des organes du petit bassin, ceux des vaso-moteurs et des nerfs sudoripares des membres, ceux des mouvements convulsifs du tronc, doivent être cherchés dans la moelle elle-même et non plus haut, et Luchsinger pouvait répéter sous une autre forme ce qu'avait dit Le-

(1) *Dict. encyclop.* Art. *Mœlle ép.*, p. 537.

(2) *Traité de physiol.*, 2e part. p. 552, 1884.

gallois : « les centres immédiats de toutes les fonctions du tronc ont leur siège dans la moelle (1). »

En ce qui concerne les centres respiratoires, les faits probants rapportés par Brown-Séquard parlaient déjà dans le même sens, mais il a fallu qu'une observation faite par Rokitansky, vînt de nouveau appeler l'attention sur ce sujet. Cet auteur a vu que des jeunes lapins, dont la moelle était séparée du bulbe et auxquels il administrait de la strychnine, exécutaient au milieu des convulsions, quelques mouvements respiratoires (2). Puis Schroff a obtenu des résultats semblables quand il soumettait les animaux opérés de la même façon à l'action d'une température d'environ 37°; la chaleur agit ici comme la strychnine dans les expériences de Rokitansky pour réveiller l'irritabilité affaiblie de la moelle (3).

Ces travaux ont servi de point de départ aux recherches beaucoup plus complètes de Langendorff. Dans le premier mémoire, le plus important de ce physiolologiste (4), il y a à considérer deux ordres d'expériences; les unes sont relatives à des animaux ordinairement très jeunes auxquels on injecte un demi à un milligramme de strychnine, après qu'ils ont subi la section du bulbe; dans les autres, au contraire, on n'a pas eu recours à l'agent toxique.

A propos des premières, je placerai ici une remarque : l'apparition de quelques mouvements respiratoires dans les convulsions du strychnisme ne suffirait nullement à prouver l'autonomie de la moelle dans cette fonction. Ce serait plutôt un fait exceptionnel si de toutes les cellules qui servent d'origine aux nerfs moteurs du tronc, le poison ne respectait que les noyaux des nerfs respiratoires et si le diaphragme, par exemple, ne participait pas, soit aux convulsions tétaniques ordinaires, soit à ces mouvements choréiques ou rhythmiques étudiés par M. Ch. Richet (5). Par contre, si l'on administre la strychnine avec certaines précautions, on voit très rapidement survenir une deuxième période, pendant laquelle toute convulsion a cessé dans les autres parties du corps, tandis que les mouvements res-

(1) Luchsinger. *Arch. de Pflug.*, t. XVI, 1878, p. 540. — *Id.*, *ibid.*, 1880, p. 158.
(2) *Wiener med. Jahrb.*, 1874, p. 30.
(3) *Wiener med. Jahrb.*, 1875, p. 319.
(4) *Arch. f. Physiol.*, 1880, p. 518.
(5) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1880.

piratoires persistent : c'est alors seulement que l'on est au moins autorisé à conclure avec Langendorff que la moelle peut par elle-même, si l'on a soin de réveiller son excitabilité, envoyer aux muscles de la respiration des excitations à caractère rhythmique.

Si l'on objecte que le poison modifie, ce qui est incontestable, le fonctionnement des centres, Langendorff montre qu'on peut provoquer également par les excitations mécaniques ou électriques des nerfs centripètes, des mouvements respiratoires reflexes chez des animaux, de préférence très jeunes, auxquels on n'a pas administré de strychnine. Dans les mêmes conditions, ce physiologiste a également observé des séries de mouvements respiratoires spontanés quand, après la section du bulbe il suspendait par intervalles l'insufflation pulmonaire. Il recommande pour réussir dans ce cas, de ne s'adresser autant que possible, qu'à des animaux nouveau-nés ou âgés d'un jour ou deux seulement.

Ces dernières expériences ne sont, comme on le voit, que la répétition, avec quelques détails, des recherches déjà citées de Brown-Séquard, que l'auteur allemand a eu soin de rappeler en maints endroits. Langendorff n'a cessé depuis lors d'apporter des faits nouveaux destinés à démontrer l'autonomie des centres respiratoires spinaux et à prouver le rôle simplement modérateur du bulbe. Dans le mémoire que nous venons d'analyser rapidement, il émet cette dernière idée sous forme d'hypothèse et reconnaît que la sanction expérimentale lui fait encore défaut. « Si le centre régulateur de la respiration a son siège dans le bulbe, on doit s'attendre à ce que l'ablation de la moelle allongée provoque des troubles remarquables dans la régulation de ces mouvements, mes expériences ne me permettent pas de décider ce qu'il en est. Les mouvements respiratoires d'origine spinale que nous avons vu se produire, ont été obtenus dans des conditions trop peu favorables. Peut-être arrivera-t-on à les obtenir sans avoir recours à la strychnine et en évitant les causes de dépression du système nerveux. Malheureusement les animaux nouveau-nés ne peuvent servir à élucider cette question en raison du faible développement de leurs appareils régulateurs (1) ».

(1) Loc. cit., 1880, p. 546.

Dans un travail ultérieur (1) où Langendorff cherche à démontrer directement l'influence inhibitrice du bulbe par des excitations directes portées sur cet organe, il revient encore sur le même sujet : « Je me suis en vain préoccupé de trouver des caractères différentiels entre la respiration spinale et la respiration normale. Jusqu'à ce qu'ils me soient démontrés, je ne puis que rappeler qu'un animal privé de son bulbe est capable d'exécuter des mouvements qui sont équivalents à ceux d'un animal intact ».

Je ne pouvais mieux terminer la partie historique de mon travail qu'en laissant à l'auteur, auquel on doit les recherches les plus suivies et les plus complètes sur cette question, le soin d'indiquer les desiderata de ses recherches. On trouvera peut-être que les expériences dont il va être question y satisfont en partie. En opérant sur des animaux adultes et non sur des nouveau-nés, en ne faisant intervenir aucune influence excitante ou dépressive autre que l'opération elle-même, nous avons précisément pu éviter les conditions où Langendorff se plaint d'avoir dû se placer et étudier les caractères que prend la respiration lorsque la moelle seule y préside; et si les travaux de cet auteur, de Brown-Séquard et de Lautenbach (2) ont rendu incontestable l'existence des centres respiratoires spinaux, on verra aussi que les circonstances mêmes dans lesquelles nous avons expérimenté mettent peut-être mieux en lumière le rôle et l'activité propre de la moelle dans le mécanisme de la respiration.

Deuxième Partie. — Expériences.

I. — Méthode opératoire.

Toutes les expériences qui vont nous occuper dans ce premier mémoire ont été faites sur des chiens, soit âgés de quelques mois seulement, soit arrivés à leur complet développement.

(1) *Uber Reizung des verläng. Mark. Arch. f. Phys.* 1881, p. 536. Voir du même : *Ub. ungleichmäsige Thätigk. beid. Zwerchfellshälf. Arch. f. Phys.* 1881, p. 78. — *Ub. period. Alhmung bei Fröschen.*, ibid. p. 241. — *Period. Athm. nach Muscar. und Digital.*, ibid. p. 331. — Consulter encore sur le même sujet : Nietschmann, *Arch. de Pfluger.* 1885, p. 551.

(2) *Philad. medic Times*, 1879. Nous ne connaissons de ce travail que le titre : *Are there spinal respitarory centres;* et la citation de Beaunis : Nouveaux élém. de physiol., t. II, p. 1293.

Cette distinction est nécessaire, parce que la différence d'âge amène aussi quelques différences dans les résultats.

Nous nous sommes abstenu d'expérimenter sur des animaux trop jeunes ou trop vieux : les essais de Langendorff comparés aux nôtres, nous avaient montré que les premiers étaient des sujets de recherches bien moins favorables que les chiens adultes; quant aux seconds, nous avons constaté qu'on les sacrifiait trop souvent inutilement.

Dans cinquante-six cas, ces expériences ont été suivies de succès : nous n'avons pas noté le nombre d'animaux opérés sans résultat, mais il a été certainement de plus du double; nous n'en parlerions pas ici si nous ne voulions faire remarquer que les conditions d'âge et d'opération restant les mêmes, il ne nous a pas été possible de trouver soit dans des caractères de races, soit dans certaines influences physiologiques tels que l'état de jeûne ou de digestion, par exemple, les causes des insuccès.

Le procédé opératoire est d'ailleurs des plus simples : l'animal est anesthésié au chloroforme, on sectionne au thermocautère les masses musculaires de la nuque et on dénude ainsi les lames des deux premières vertèbres cervicales. On peut alors en fléchissant fortement la tête, profiter de l'espace atloïdo-axoïdien pour y faire pénétrer un instrument tranchant. Mais ce procédé, bien qu'expéditif, laisse toujours des doutes jusqu'à l'autopsie sur la réussite de l'opération, aussi y avons-nous bientôt renoncé pour le suivant : avec une forte pince coupante appliquée au milieu de la hauteur de l'axis, on enlève d'un seul coup toute cette partie de la lame vertébrale avec l'apophyse épineuse, et on met ainsi à nu la moelle dans toute sa largeur et dans une longueur de 1 1/2 à 2 centim. A ce moment et avant de la diviser, on retourne l'animal sur le dos, on pratique rapidement la trachéotomie, on établit la respiration artificielle et on coupe les deux pneumogastriques (1). On remet l'animal sur le ventre, on fend les méninges (dure-mère et arachnoïde) avec des ciseaux fins, on passe une pince courbe entre les membranes et la moelle

(1) Cette section, superflue au point de vue qui nous occupe ici, était nécessitée par ce fait que nous avons cherché à étudier les rapports des phénomènes vasomoteurs dépendant de la moelle épinière avec les mouvements respiratoires de même nature, et que nous devions ainsi soustraire le cœur à l'influence du bulbe ; comme cette précaution a toujours été prise dans ces expériences, nous avons tenu à la mentionner.

qu'on sectionne au bistouri. On est ainsi assuré de l'avoir divisée entièrement, à moins que la pince n'ait exceptionnellement pénétré dans son épaisseur au lieu de la contourner.

Pour arrêter la perte de sang qui se produit à ce moment, on enfonce immédiatement un bout d'éponge dans l'intérieur même du canal rachidien ; d'autres fragments d'éponge sont superposés au premier, les muscles de la nuque sont recousus sur le tout et cette compression énergique suffit pour empêcher l'hémorrhagie.

Il n'y a plus qu'à laisser la respiration artificielle continuer jusqu'à ce que l'on constate le retour de la respiration spontanée. La canule trachéale étant mise en communication au moyen d'un robinet à trois voies d'une part avec le soufflet, d'autre part avec un tambour enregistreur de Marey, on peut, au moyen d'un tour de robinet, arrêter l'insufflation pulmonaire ou la rétablir à volonté, et enregistrer s'il y a lieu la respiration spontanée. Sur le tube qui va du robinet au tambour, on interpose, si les mouvements respiratoires sont trop amples, un récipient d'une capacité variable.

Le métronome de Gaiffe, interposé sur le circuit d'un courant de pile et mis en rapport avec le signal de Depretz, donne en secondes la mesure du temps, quand il est nécessaire.

Disons aussi que l'autopsie nous a montré presque constamment les deux tronçons de la moelle séparés par un espace d'un centimètre et même davantage, et qu'il n'a été tenu compte que des cas où la section complète de la moelle ne pouvait faire de doute.

II. — Retour et persistance des mouvements respiratoires du tronc chez les mammifères adultes après la section de la moelle cervicale.

Nos expériences nous ont montré d'adord que même chez les mammifères arrivés à leur complet développement, les mouvements respiratoires du tronc ne sont pas abolis irrévocablement, comme semblerait le démontrer l'observation journalière : que non seulement leur arrêt n'est pas définitif, mais qu'ils peuvent se réveiller pour un temps souvent assez long, après cette opération.

La persistance de la respiration spontanée à la suite de la section de bulbe chez des mammifères adultes n'avait pas encore

été signalée. Il est vrai que si nous considérons une autre classe d'animaux, Brown-Séquard dit l'avoir constatée « nombre de fois chez des oiseaux », sans entrer dans de plus amples détails; mais chez les mammifères, ce physiologiste ainsi que Langendorff ne l'ont observée que sur des animaux nouveau-nés ou âgés de quelques jours. Il était donc intéressant d'établir que non seulement les adultes se comportent sous ce rapport comme ces derniers, mais qu'ils conviennent même mieux pour ce genre de recherches. Il aurait pu se faire en effet que l'âge amenât dans le fonctionnement des centres respiratoires de notables différences, comme il arrive pour d'autres organes et pour certaines propriétés de tissu; on n'aurait qu'à citer l'inexcitabilité des régions dites motrices de l'écorce, l'absence de la faculté modératrice du pneumogastrique, la résistance à l'asphyxie chez le nouveau-né, pour rappeler que la physiologie de celui-ci ne ressemble pas toujours entièrement à celle de l'animal complètement développé. C'est ainsi que dans une note récente, Mislawsky (1) prétend qu'il n'a jamais pu observer le retour de la respiration après la section du bulbe chez des chats, même strychninisés, lorsqu'ils avaient plus d'un mois. Cette opinion est certainement erronée. Mais les recherches de Langendorff tendent aussi, du moins implicitement, à établir, suivant les âges, une différence dans le fonctionnement des centres respiratoires de la moelle. Après avoir parlé des mouvements spontanés observés chez les nouveau-nés, il ajoute : « Chez les animaux un peu plus âgés, leur nombre n'est jamais grand, insuffisant par conséquent pour entretenir la vie : chez les lapins plus dévéloppés, on ne voit souvent se produire, après l'arrêt de l'insufflation pulmonaire, qu'un ou deux mouvements respiratoires spontanés; très souvent ils font complètement défaut (2). »

Or nous avons pu, pendant des heures entières, enregistrer les mouvements respiratoires chez des animaux âgés de quelques mois ou adultes, en ayant soin de rendre à intervalles plus ou moins rapprochés la respiration artificielle. C'est chez les chiens qui ont de trois à six mois ou un peu plus, que le succès de l'expérience est le plus certain.

Le retour de la respiration a lieu au bout d'un temps plus ou

(1) *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1885, p. 466.
(2) *Loc. cit.*, 1880, p. 526.

moins long, variable surtout avec l'âge de l'animal. Chez les chiens adultes, il peut se faire attendre quatre ou cinq heures, mais parfois aussi une ou deux heures seulement; il ne demande ordinairement qu'une heure, trois quarts d'heure ou même une demi-heure chez les jeunes animaux. C'est quand ils se rétablissent promptement que les mouvements respiratoires présentent aussi, en général, leurs caractères les plus tranchés.

Si l'opération que nous pratiquons ne fait que suspendre la respiration du tronc, il nous faut déterminer quelle est la cause de son arrêt momentané. Elle n'est autre que l'impuissance fonctionnelle et plus ou moins prolongée de la moelle, consécutive à tout traumatisme portant sur cet organe. Ce trouble a été attribué par les uns à l'affaiblissement résultant de l'hémorrhagie, par les autres à l'ébranlement de l'axe nerveux. Mais il est plus logique d'appliquer à ce cas particulier la théorie générale de Brown-Séquard, et d'admettre que le choc traumatique produit des phénomènes inhibitoires : la section de la moelle cervicale agirait donc comme l'ablation du nœud vital, non pas en supprimant un centre situé plus haut, mais en irritant assez violemment les centres sous-jacents pour suspendre momentanément leur activité.

Quoiqu'il en soit du mécanisme d'arrêt, les effets immédiats de l'opération n'en sont pas moins positifs, et c'est également pour les avoir méconnus qu'on a longtemps refusé à la moelle le rôle qui lui appartient dans un certain nombre d'autres fonctions. Goltz, en particulier, a montré que pour rendre manifeste l'influence du segment lombaire de cet organe sur l'érection, la défécation, il fallait laisser au tronçon médullaire le temps de se remettre pour ainsi dire des suites de la section (1).

Lorsqu'on coupe la moelle cervicale, c'est la totalité de l'organe qui subit les conséquences de l'opération, et la respiration s'arrête avec toutes les autres fonctions. Pour la voir se rétablir, il suffit donc d'attendre que la substance grise ait repris son activité. Chez les nouveau-nés, elle revient quelquefois immédiatement après la section, parce que la moelle chez eux supporte mieux le traumatisme, et très probablement parce que les centres nerveux à cet âge résistent mieux aux influences inhibitoires. Chez les mammifères adultes, ils y sont plus sensibles, et la perte

(1) *Arch. de Pflug.*, t. VIII, p. 460.

de leurs fonctions est plus durable; si nous avons pu obtenir chez eux les résultats que nous venons de mentionner, c'est qu'instruit par les recherches antérieures, nous avons eu soin de prolonger l'insufflation pulmonaire jusqu'au retour de l'excitabilité médullaire.

Le choix de l'animal est sans doute aussi pour beaucoup dans le succès de l'opération; si Langendorff n'a pas été heureux dans ses expériences sur les animaux adultes, c'est qu'il semble d'après le texte que nous avons cité plus haut, n'avoir expérimenté que sur des lapins : ceci prouve encore une fois combien Luchsinger avait raison, quand il recommandait de renoncer à ces animaux pour les recherches de ce genre, à cause du peu de résistance de leurs centres nerveux au traumatisme (1).

Mais quel que soit l'animal sur lequel on opère, quand il s'agit d'un mammifère adulte, un effet à peu près inévitable de la section, c'est de supprimer pour un temps toutes les manifestations de l'activité médullaire sans exception. En effet, les mouvements reflexes des membres se comportent comme les mouvements respiratoires et ne reviennent que progressivement.

Les expériences suivantes donneront une idée de la marche ordinaire des phénomènes :

EXPÉRIENCE n° 4. 9 février. — Jeune chien. Voir les tracés 3 et 3 bis.

Moelle sectionnée à 3 h. 50.

A 4 h. 30, le pincement d'une patte ne produit des mouvements que dans le membre correspondant et dans la queue.

A 4 h. 45, la même excitation réagit sur la patte du côté opposé; on n'obtient rien dans les membres antérieurs ni directement, ni indirectement.

A 5 h., un simple chatouillement de la pulpe digitale d'une patte postérieure provoque des reflexes dans les deux pattes postérieures et reste sans effet sur les membres antérieurs, mais l'excitation de la patte antérieure gauche détermine un mouvement dans la patte postérieure du même côté et ne réagit ni sur la patte antérieure ni sur la patte postérieure droites : effets analogues pour la patte antérieure droite et reproduits toujours avec les mêmes résultats (2).

A 5 h. 20, le pincement d'une patte postérieure détermine des reflexes généralisés dans les quatre membres : l'excitation d'une patte antérieure produit des mouvements dans les deux membres postérieurs et est sans effet sur la patte antérieure opposée.

(1) *Arch. de Pflug.*, t. 28, 1882, p. 78.

(2) Nous avons constaté aussi souvent dans ces expériences le reflexe qu'on peut appeler diagonal (Trabreflex de Luchsinger), et qui consiste en ce que l'excitation d'une patte antérieure provoque un mouvement dans la patte postérieure du côté opposé.

A 5 h. 30, l'animal respire spontanément pendant la respiration artificielle.

EXPÉRIENCE n° 27. 3 mars. — Chienne pleine.

Section de la moelle à 11 h. 30.

A 11 h. 45, l'excitation de la muqueuse vulvaire produit des mouvements rhythmiques du sphincter de l'anus et de celui de la vulve. Le pincement des pattes postérieures ne produit rien.

A 11 h. 50, le reflexe rotulien existe très nettement : l'excitation de la pulpe digitale reste sans effet.

A 11 h. 55, le chatouillement de la vulve produit des mouvements de flexion dans les orteils des deux côtés.

Le pincement de la pulpe digitale d'une patte postérieure ne donne encore des mouvements que du côté correspondant.

A midi, rien encore dans les pattes antérieures.

On ne revoit plus l'animal avant 2 h. 30, et à ce moment il exécute quelques mouvements respiratoires spontanés pendant l'insufflation pulmonaire.

Nous reproduisons ici le tracé (fig. 1) tel qu'il a été pris immédiatement après l'arrêt de la respiration artificielle.



FIG. 1. EXP. 27. — Chienne en état de gestation. Respiration spontanée trois heures après la section de la moelle (1).

Il est inutile de rapporter d'autres expériences qui ne différeraient de celles-ci que par des variantes n'ayant pas de rapport direct avec notre sujet. Les détails précédents ont surtout pour but de démontrer que le retour des propriétés de la moelle se fait graduellement de bas en haut, et que ce sont les régions les plus éloignées du traumatisme qui reprennent les premières leurs fonctions; nous aurons plus tard à tirer partie de ces renseignements.

Nous nous sommes peu occupé dans nos expériences de la durée absolue du temps pendant lequel peut persister la respiration spinale. Nous avons tenu très souvent ces animaux en expérience pendant deux ou trois heures, de façon à étudier les

(1) Ce tracé, ainsi que tous les autres, doit être lu de gauche à droite. Comme ils ont tous été pris d'après le même procédé, décrit plus haut, la descente de la courbe correspond à l'inspiration, son ascension à l'expiration (passive).

caractères de ces mouvements, leurs modifications spontanées ou provoquées expérimentalement : nous prenions des tracés ininterrompus pendant deux, trois, cinq minutes, puis on rétablissait l'insufflation ; dans d'autres cas, l'animal a respiré sans discontinuer pendant dix et quinze minutes dans un espace clos constitué par une bombonne de dix litres environ, interposée sur le tube qui allait de la trachée au tambour.

Enfin chez trois jeunes chiens qui avaient déjà fourni des tracés pendant des heures, nous avons laissé la respiration spontanée s'exécuter librement à l'air par la canule trachéale, et nous l'avons vu persister très fréquente et très active chez l'un pendant vingt-cinq minutes, chez un deuxième pendant une demi-heure, chez le dernier enfin pendant quarante-cinq minutes, et encore faut-il ajouter que chez tous les trois nous avions détaché les muscles abdominaux de leurs insertions au thorax, et mis ainsi largement à découvert le diaphragme avec la cavité abdominale. Il est probable que chez certains animaux moins refroidis et non mutilés on verrait la respiration persister encore davantage : mais ces expériences nous ont paru assez significatives pour que nous n'ayons pas jugé à propos de les renouveler : elles démontrent amplement que la respiration spinale suffit à entretenir la vie.

III. — Caractères des mouvements respiratoires qui dépendent de la moelle épinière.

Les faits que nous venons de rapporter ne font que confirmer l'existence des centres respiratoires spinaux en l'appuyant cependant sur des preuves nouvelles. Une question des plus importantes mérite maintenant de fixer notre attention. Les mouvements respiratoires du tronc subissent-ils ou non quelques modifications notables après l'ablation du bulbe? Si leurs caractères ne sont plus les mêmes quand la moelle seule préside à la respiration, nous pourrons arriver à reconnaître d'après la nature de ces changements quelles sont les fonctions respectives des deux portions de l'axe nerveux. D'autre part, on sait à quelles controverses donne lieu depuis des années la question de l'action centripète du pneumogastrique sur le mécanisme respiratoire. Or, puisqu'il est prouvé que la moelle est le premier centre de ces mouvements, et que par conséquent le bulbe n'intervient que comme agent intermédiaire, n'est-il pas néces-

saire, pour arriver à une notion exacte de l'influence du nerf vague, de savoir d'abord comment la moelle allongée elle-même agit sur les centres sous-jacents? L'intérêt qui s'attache à l'étude des mouvements respiratoires dépendant de la moelle épinière est donc tel, que l'ensemble de leurs caractères peut nous renseigner à la fois et sur le fonctionnement de cette dernière et en partie aussi sur le rôle du bulbe.

Ce côté de la question n'a pas encore été traité. La méthode suivie par Langendorff ne pouvait sur ce point lui donner de résultats, comme il le reconnaît lui-même. Le poison qu'il a employé modifie incontestablement les fonctions des centres nerveux et on ne peut conclure de l'animal strychninisé à l'animal non intoxiqué. D'autre part, dans son travail où il a reproduit de nombreux tracés provenant de chiens et de lapins très jeunes auxquels on avait administré de la strychnine, il ne donne qu'un seul exemple de respiration spontanée proprement dite (c'est-à-dire non provoquée soit par l'agent toxique soit par des excitations centripètes), et observée chez un chat né de la veille. La description qu'il lui consacre est également des plus sommaires. « Elle est ralentie, dit-il, et tout à fait régulière et rappelle le type respiratoire qui suit la section des pneumogastriques (1) ». L'auteur a eu soin de faire remarquer que la faiblesse des appareils régulateurs du nouveau-né ne doit pas être perdue de vue. Si en effet le bulbe représente réellement pour la respiration un appareil de ce genre, et s'il est vrai qu'à la naissance il n'est pas encore en possession de ses fonctions, il est évident que les mouvements respiratoires ne se trouveront pas modifiés par son ablation. C'est ainsi que chez le nouveau-né, la section du pneumogastrique n'accélère pas les battements du cœur parce que l'appareil modérateur ne fonctionne pas encore (2). Une cause du même genre expliquerait peut-être les différences très marquées que nous aurons à indiquer entre nos résultats et quelques-uns de ceux de Langendorff; peut-être aussi n'a-t-il pas prolongé assez la respiration artificielle pour laisser à la moelle le temps de reprendre complètement ses propriétés. Ce qui est certain, c'est que chez les animaux sur les-

(1) *Loc. cit.*, 1880, p. 526.
(2) V. *Anrep. Arch. de Pflug.*, t. XXI. Langendorff, *Bresl. artzt. Zeitschr.*, 1879.

quels nous avons expérimenté, la respiration spinale présente des caractères tout opposés à ceux que Langendorff a sommairement décrits chez le nouveau-né, et pour les résumer en deux mots, il faudrait dire : elle est très fréquente et très irrégulière.

Nous avons, il est vrai, observé quelquefois chez les animaux adultes le type respiratoire décrit par Langendorff chez le nouveau-né; mais toutes nos expériences parlent dans le sens que nous venons d'indiquer dans tous les cas où l'excitabilité de la moelle était complètement revenue, ce qui se reconnaissait aux caractères mêmes des mouvements respiratoires, ainsi qu'à la vivacité et à la facile généralisation des reflexes du tronc et des membres. Remarquons encore qu'en nous bornant à attendre le retour spontané de la respiration, sans autre intervention que l'emploi de l'insufflation pulmonaire, nous étions placé dans des conditions aussi favorables et aussi normales que possible pour saisir les caractères qui la distinguent de la respiration normale et que nous allons tâcher de mettre en lumière.

A. *Influence des variations des gaz du sang sur les centres respiratoires spinaux.*

On a déjà vu par les expériences rapportées plus haut que les mouvements respiratoires du tronc se rétablissent même pendant que la ventilation pulmonaire continue. Cela est vrai toutes les fois que l'activité de la moelle est bien revenue. Il n'est donc pas nécessaire que les centres médullaires soient stimulés par l'action irritante du sang asphyxique ou par des excitations des nerfs centripètes.

Une fois qu'ils ont repris leur activité, ils fonctionnent par ce seul fait qu'un sang de composition normale y entretient la nutrition.

C'est seulement quand les propriétés de la substance grise sont revenues faiblement et incomplètement qu'il faut attendre une, deux minutes ou plus après l'arrêt de l'insufflation pulmonaire pour voir la respiration spontanée se rétablir, et c'est alors qu'intervient l'influence excitante du sang noir, mais elle est loin, comme on voit, d'être nécessaire.

Langendorff avait observé le contraire. « Quand la respiration revient chez les animaux non strychninisés, elle ne se produit jamais, quand l'insufflation pulmonaire a été tant soit peu fré-

quente, que cinquante à soixante minutes après que celle-ci a été supprimée (1) ». Les fig. 2 et 3 bis de ce mémoire prouvent,



FIG. 2. Exp. 20. — Retour immédiat de la respiration après arrêt de l'insufflation pulmonaire en A.

d'une façon péremptoire, le retour immédiat de la respiration spontanée après l'arrêt de la respiration artificielle. La première est fournie par une chienne adulte qui a respiré deux heures et demie après la section de la moelle; la fig. 3 *bis* par un jeune chien dont l'observation a été donnée plus haut (p. 474).

Il est vrai que l'action de l'asphyxie s'exerce quelquefois au début de l'expérience pour augmenter la profondeur des mouvements respiratoires (fig. 3). Mais par contre, elle peut se prolonger pendant quelques minutes sans modifier davantage leurs caractères, c'est-à-dire qu'ils ne deviennent ni plus rares ni plus amples, à l'inverse de ce qui se passe dans l'asphyxie ordinaire. Il faut surtout noter que leur fréquence se maintient presque toujours égale, jusqu'à leur complète extinction.

Comme phénomène corrélatif, il faut signaler l'impossibilité de mettre en apnée les centres spinaux. On sait que Rosenthal a désigné sous ce nom l'arrêt plus ou moins prolongé des mouvements respiratoires chez un animal auquel on a pratiqué une ventilation pulmonaire quelque peu active; le sang surchargé

(1) *Loc. cit.*, 1880, p. 535.

d'oxygène ne serait plus alors pour le centre respiratoire un excitant suffisant.

Chez l'animal privé de son bulbe, il n'en est plus de même.



Fig. 3. Exp. 4. — L'amplitude des mouvements augmente quelques secondes après l'arrêt de la respiration artificielle.

Quelque fréquente et ample que soit l'insufflation, on n'obtient jamais l'arrêt complet des mouvements respiratoires spontanés. Ces faits sont en contradiction avec l'opinion de Rosenthal qui veut que le sang apnéique diminue l'excitabilité de la substance grise. Mais la figure 3 bis comme aussi la figure 2 montrent qu'immédiatement après la suspension de la respiration artificielle, faite intentionnellement très fréquente et très active dans ces deux cas, on n'observe pas la pause qui se serait



Fig 3 bis. Exp. 4. — De A en B, suspension de la respiration artificielle. Pas de pause apnéique malgré une ventilation pulmonaire très active (1).

certainement produite dans les mêmes conditions chez un animal normal.

On voit du reste les contractions des muscles respirateurs se

(1) Pour ce tracé comme pour le précédent, on avait entr'ouvert la boutonnière du tube en caoutchouc qui allait directement du robinet à trois voies au tambour de Marey.

produire, ainsi qu'il a déjà été dit, pendant même que la respiration artificielle continue.

Les centres spinaux échappent donc à l'action des causes qui amènent l'apnée chez un animal dont le bulbe est intact. Si on admet l'opinion de Brown-Séquard qui considère l'apnée comme un phénomène d'arrêt consécutif à l'excitation mécanique des nerfs vagues par l'insufflation pulmonaire (1), on s'explique facilement pourquoi elle fait défaut dans nos expériences, le pneumogastrique ne pouvant évidemment plus intervenir après la section du bulbe. Et de fait, les recherches de ce physiologiste, celles de Gad (2) ont démontré qu'il y avait là un facteur important dont il faut tenir compte. Cependant, il paraît établi que l'apnée peut encore se produire même quand on a éliminé l'action des nerfs vagues, et l'on est alors en droit de faire intervenir les variations des gaz du sang, soit l'augmentation d'O comme le veut Rosenthal, soit la diminution de CO^2 comme l'admet Ewald (3). Cette variété de l'apnée a été désignée sous le nom d'apnée vraie par opposition à l'apnée dite du nerf vague, et de ce côté, la doctrine de Rosenthal subsiste encore dans ce qu'elle a de plus essentiel (4).

S'il en est ainsi, on pourrait donc inférer de tout ce qui a été dit plus haut que les centres respiratoires de la moelle épinière ne sont pas influencés par les variations des gaz du sang. La conclusion ne serait pas juste et en opposition avec les enseignements de la physiologie générale qui nous montre partout l'action fortement excitante du sang noir, en particulier sur la substance grise. Mais si les centres spinaux sont sensibles comme tous les autres à cette influence, d'autre part, ils doivent réagir suivant leur activité propre. Leur rôle consiste à envoyer aux muscles respirateurs des impulsions rhythmiques incessantes, du moins quand ils sont séparés de l'encéphale : ce sont des organes purement excitateurs du mouvement, et le sang asphyxique aussi bien que le sang chargé d'oxygène ne font que les stimuler dans ce sens. Le centre bulbaire qui est, lui, un régulateur de ces mouvements, modifie au contraire son travail,

(1) *Soc. de Biolog.*, 1872, p. 22.
(2) *Uber apnoë Wurzbourg*, 1880.
(3) *Arch. de Pflug.*, t. VII, p. 575.
(4) *V. Miescher-Rusch. Arch. f. Phys.*, 1885, p. 361.

tantôt pour l'activer, tantôt pour le diminuer ou même le suspendre, suivant les qualités du sang qui le baigne. On peut donc déjà trouver dans ces faits un premier exemple de l'activité propre à chacune des deux portions de l'axe gris dans le mécanisme respiratoire.

Pour terminer ce qui a trait à la respiration spontanée que l'on observe pendant la respiration artificielle, remarquons encore qu'un animal dont le bulbe et le pneumogastrique sont intacts répond à chaque insufflation par un mouvement expira toire, à chaque retrait du poumon par une inspiration comme l'ont montré Hering et Breuer. Dans nos expériences, cette coordination n'existe pas, les mouvements spontanés n'ont aucun rapport avec le jeu du soufflet.

B. *Rythme et variétés de forme des mouvements respiratoires.*

1° *Fréquence.* — Quelle que soit la variété de forme de ces mouvements, un de leurs caractères le plus constant et le plus frappant, c'est leur grande fréquence.

Alors que chez le chien à l'état physiologique, le nombre des mouvements respiratoires est de douze à quinze par minute, chez l'animal dont la moelle est sectionnée, il est d'ordinaire compris entre cinquante et quatre-vingt-dix et quelquefois il est plus élevé encore. C'est alors une véritable anhélation du tronc, sans que la tête y participe.

La figure 4 donne le tracé respiratoire d'un jeune chien pris deux heures après la section de la moelle, mais la respiration était revenue au bout d'une heure; dans ce cas, on ne compte pas moins de quarante-neuf à cinquante mouvements respiratoires en vingt-sept secondes. On en compte de quarante-quatre à quarante-cinq durant le même espace de temps chez l'animal de la figure 5, qui pouvait avoir comme le précédent de six mois à un an, et qui a respiré au bout de deux heures. Le nombre des mouvements respiratoires est donc chez l'un à peu près de cent, chez l'autre de plus de quatre-vingt-dix par minute. Ce travail fournira encore, du reste, de nombreux exemples de cette remarquable fréquence (1).

Ce caractère particulier à la respiration spinale est un de ceux qui nous paraît le plus significatif au point de vue du fonction-

(1) Tous les tracés ont été pris avec la même vitesse du cylindre.



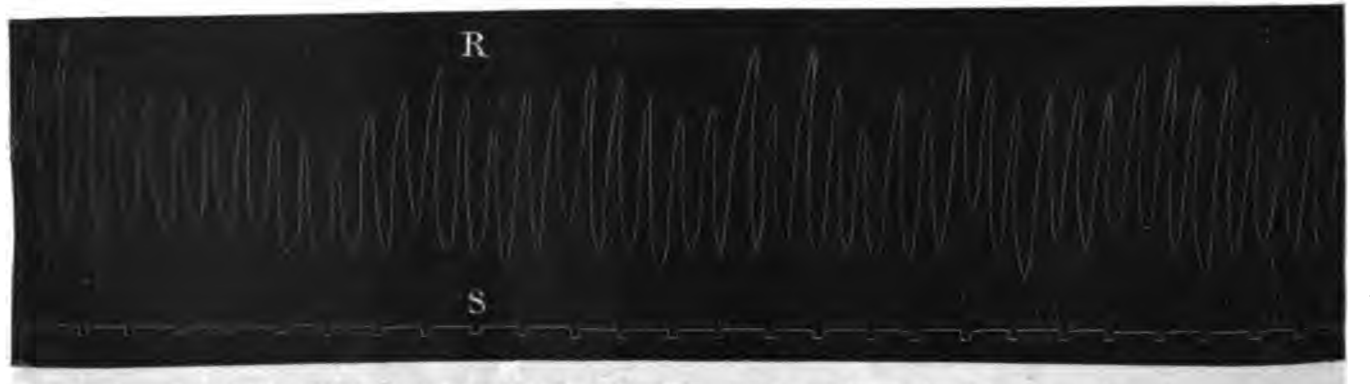


FIG. 4. EXP. 18 FIG. 5. EXP. 12. — Types de respiration fréquente. R, tracé de la respiration S, ligne des secondes.



Fig. 6. Exp. 11. — Type de respiration fréquente et superficielle. R, respiration. S, ligne des secondes.

nement des centres médullaires et de leurs relations avec le bulbe. Il est particulièrement propre à montrer l'activité continue des uns et l'influence modératrice de l'autre. On ne peut s'empêcher de rapprocher les effets de l'ablation du bulbe sur les mouvements respiratoires de ceux que produit la section du pneumogastrique sur les battements du cœur. Dans les deux cas, on a supprimé un rouage d'arrêt.

2° *Défaut de synchronisme entre les mouvements respiratoires du tronc et ceux de la tête.* — Le caractère que nous venons d'étudier devient plus frappant encore lorsqu'on compare pendant la durée d'une expérience les mouvements respiratoires de la tête avec ceux du tronc. Il est à peine besoin de dire, après les chiffres précédemment donnés, qu'il n'y a aucun synchronisme entre les uns et les autres. Tandis que les premiers se répètent dans certains cas une centaine de fois par minute, les autres, comme tous les physiologistes ont pu l'observer après la section du bulbe, ne se reproduisent que huit à dix fois pendant le même espace de temps : pendant que les uns continuent avec la même rapidité malgré les progrès de l'asphyxie, les autres au contraire se ralentissent encore davantage en même temps que se manifestent du côté du bulbe les effets ordinaires de l'action du sang noir; c'est-à-dire que les centres voisins du centre res-

piratoire sont excités en même temps que lui, et chaque dilatation des nasaux s'accompagne d'un mouvement de la gueule et d'un mouvement de déglutition.

Langendorff avait au contraire noté dans ses expériences une coïncidence exacte entre la respiration de la tête et celle du tronc. Il rappelle pour l'expliquer, une proposition formulée par Volkmann, d'après laquelle deux centres peuvent entrer simultanément en activité, quoique non unis par des liens anatomiques, lorsqu'ils sont soumis à l'influence d'un excitant commun. Cet excitant serait ici le sang noir.

Sans doute, il doit en être ainsi si les deux centres sont de même nature; mais si l'un d'eux est simplement excito-moteur, ou accélérateur, l'autre au contraire modérateur, il en va tout autrement. Et quelle preuve plus démonstrative pourrait-on fournir de ce rôle régulateur et inhibiteur du bulbe que cette opposition si nette entre les phénomènes observés dans la région qui reste placée sous sa direction, et ceux qui se remarquent dans les parties qui y ont été soustraites?

Cette comparaison fait également bien ressortir les effets différents de l'asphyxie sur le centre bulbaire et les centres spinaux, car il ne faut pas oublier que dans nos expériences, les animaux respirent dans un espace clos très étroit, puisque très souvent la canule trachéale est en communication immédiate avec le tambour de Marey, sans interposition de la bombonne de P. Bert. Or, à un moment où la respiration de la tête, c'est-à-dire la respiration bulbaire, subit les modifications liées à l'asphyxie, celle du tronc persiste toujours avec les mêmes caractères de fréquence et d'amplitude.

Si donc dans les conditions ordinaires de l'asphyxie, les mouvements respiratoires se ralentissent bientôt, (quelquefois après avoir passé par une première phase d'accélération) en même temps qu'ils deviennent plus profonds, c'est que le bulbe exerce sur tout l'appareil une influence prédominante ou plutôt directrice. Ici encore, un rapprochement avec la physiologie de la circulation s'impose. L'asphyxie provoque à la fois l'activité du centre modérateur et des centres accélérateurs cardiaques, mais le cœur se ralentit parce que le premier l'emporte sur les seconds: aussi si l'on sectionne alors les pneumogastriques, il est facile de démontrer, comme l'ont fait MM. Dastre et Morat

que les centres accélérateurs étaient excités en même temps (1).

Pour réaliser une expérience entièrement analogue, il faudrait au moment où l'asphyxie a ralenti la respiration dans son ensemble, supprimer brusquement l'influence régulatrice du bulbe et l'on verrait certainement alors les mouvements respiratoires du tronc persister avec leur fréquence particulière, tandis que ceux de la tête continueraient à se ralentir encore davantage. On ne peut pas, dans les conditions ordinaires, arriver instantanément à ce résultat, car, pour éliminer l'influence du bulbe, on est forcé de sectionner la moelle cervicale et cette opération réduit précisément pour quelque temps à l'impuissance les centres spinaux dont on voudrait mettre en évidence l'activité. Cependant, bien qu'il faille attendre que celle-ci soit revenue, la signification de l'expérience n'en reste pas moins la même. Elle prouve également l'excitation de deux sortes de centres qui ici ne sont pas à proprement parler antagonistes, mais à fonctions distinctes, les uns régulateurs, les autres simplement excito-moteurs. On verra dans un prochain mémoire que la démonstration peut se faire quelquefois d'une façon immédiate.

3° *Amplitude des mouvements.* — Quand les mouvements respiratoires se succèdent aussi rapidement, ils doivent forcément être superficiels. Pour se contracter par exemple, de quatre-vingt-dix à cent-vingt fois par minute, le diaphragme ne pourra s'abaisser à chaque inspiration que très incomplètement. Aussi l'amplitude des mouvements sera telle en raison inverse de leur fréquence. C'est ce que démontrent déjà les tracés 4 et 5, dont l'un (fig. 5) a été pris sans interposition d'un récipient qui aurait pu modifier leur profondeur; dans l'autre on s'est servi d'un flacon d'une capacité de deux litres. Le tracé 6 a été enregistré de cette dernière façon (2), et il fournit encore un type plus frappant de cette respiration superficielle, autant que fréquente : ainsi, le nombre des mouvements est d'environ cent trente par minute.

Voici en quelques mots les détails de cette expérience : jeune

(1) *Rech. expérim. sur le syst. vaso-moteur*, p. 279.

(2) Nous devons ajouter qu'on observe quelquefois des mouvements d'une aussi faible amplitude que ceux-ci, même quand le tube va directement de la canule trachéale au tambour (sensible comme à l'ordinaire). Inutile de faire remarquer que nous étions en garde contre la confusion possible avec les mouvements du cœur inscrits par la trachée.

chien : la moelle est sectionnée incomplètement à 2 heures 45 m. les cordons antérieurs sont laissés intacts intentionnellement. (Je passe sur cette première partie de l'expérience qui appartient à un autre ordre de recherches, dans lesquelles nous avons cherché à déterminer les voies de transmissions suivies par les excitations qui vont du bulbe aux centres médullaires, et qui ne sont pas terminées.)

A 4 heures 20 m., on complète la section de la moelle : le chien continue à avoir, malgré une ventilation énergique, des mouvements rhythmiques, non seulement des muscles respiratoires, mais encore de ceux des pattes ; les uns et les autres avaient déjà été observés à partir de 3 h. 1/4. Presque immédiatement après la section des cordons antérieurs on prend le tracé 6.

Nous ferons remarquer que quand nous respections les cordons blancs de la moelle et que nous achèvions ensuite la divi-



Fig. 7. Exp. 14. — Inégale amplitude de la respiration.

sion, ce qui ne se faisait généralement qu'au bout de 1 heure 1/2 à 2 heures, ordinairement les centres médullaires ne paraissaient pas se ressentir de la nouvelle opération, c'est-à-dire qu'ils ne gardaient pas moins leur activité, s'ils l'avaient précédemment recouvrée.

Mais pour revenir au caractère qui nous occupe, il faut dire qu'une respiration aussi superficielle que celle de la figure 6, ne s'observe, en général, que tout à fait au début de l'expérience, c'est-à-dire immédiatement après l'arrêt de la respiration artifi-

cielle, ce qui est le cas ici : elle augmente ensuite d'amplitude comme on l'a déjà vu : mais c'est dans d'assez faibles proportions.

Une autre particularité aussi habituelle que la précédente et que la grande fréquence des mouvements respiratoires, c'est leur amplitude très inégale : des mouvements plus profonds alternent avec d'autres plus superficiels. On en trouvera de nombreux exemples dans ce travail. Mais la figure 7 montre ce détail d'une façon particulièrement nette. (Voir pour ce qui concerne cette expérience, p. 494.)

Le même fait ressort également bien de la figure 8, laquelle est destinée à faire voir que l'inégalité dans l'amplitude reconnaît quelquefois une cause particulière assez intéressante. On observe qu'en A se produit un mouvement profond d'inspiration ; le diaphragme reste abaissé, mais exécute néanmoins de A en B des excursions superficielles jusqu'en B, où un relâchement complet du muscle, aidé d'une expiration quelque peu active, ramène le tracé au-dessus de la ligne primitive.

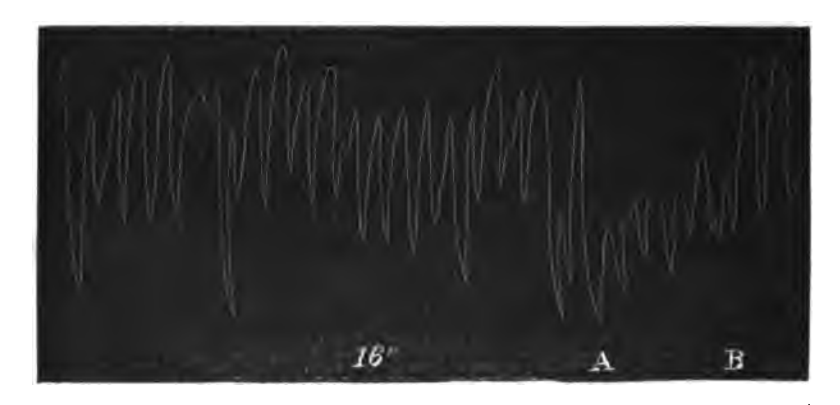


Fig. 8. Exp. 19. — Inégale amplitude de la respiration surtout remarquable de A en B.

Nous devons faire remarquer que ce caractère a été signalé également par Langendorff, chez les animaux strychninisés, et il ajoute qu'on a l'occasion de l'observer chez les chiens intacts mais épuisés. Mais on ne peut invoquer ici l'épuisement : car le fait s'observe aussi bien au début de l'expérience qu'à la fin, et il nous paraît avoir une importance égale à celle de la fréquence des mouvements, et une signification semblable ; le bulbe ne

faisant plus sentir son influence, l'activité des centres médullaires devient inégale, parce qu'ils ne sont pas aptes à régulariser eux-mêmes leur travail.

Rappelons ici une expérience de Brown-Séquard qui, tout en n'ayant avec notre sujet qu'un rapport indirect, pourrait être interprétée dans le même sens. Pour démontrer que le cordon latéral de la moelle ne sert pas à la respiration, contrairement à l'opinion ancienne de Ch. Bell, ce physiologiste (1) pratique une hémisection de l'organe à la région cervicale et il constate que du côté de l'opération les mouvements, non seulement ne sont pas abolis mais qu'ils présentent au contraire une amplitude plus considérable que du côté opposé. Il est vrai que Schiff et Vulpian sont arrivés à des résultats opposés ou différents. Nos recherches sur ce point ne sont pas encore assez concluantes pour nous permettre de nous prononcer. Mais les expériences de Brown-Séquard concordent bien avec les faits précédents, en ce sens que l'existence des centres spéciaux étant prouvée d'une façon incontestable, on comprend aisément qu'il n'y ait plus harmonie complète entre ceux qui correspondent à l'hémisection et ceux qui demeurent placés directement sous l'influence du bulbe. Cependant il semblerait, d'après ce que nous avons vu plus haut, que la différence devrait porter sur la fréquence des mouvements, plus que sur leur amplitude, et qu'on devrait noter surtout un défaut de synchronisme entre les deux côtés. Mais il reste à démontrer jusqu'à quel point une seule moitié de la moelle est apte à transmettre aux centres symétriques et billatéraux, situés plus bas, les excitations venues du bulbe. C'est un point sur lequel nous nous proposons de revenir.

4° *Variétés de forme des mouvements.* — Dans les différents tracés que nous avons reproduits jusqu'à présent, nous avons eu soin de choisir ceux qui ne se distinguent du type normal que par la fréquence et l'amplitude des mouvements; mais ils s'en rapprochent en ce que l'inspiration est seule active ou du moins prédominante, et l'expiration passive ou à peu près.

Dans les graphiques de cette catégorie et avant de passer à la description de types tout à fait différents, nous tenons à mentionner la variété suivante assez curieuse.

(1) *Arch. de physiol. norm.*, 1869, vol. II, p. 299.

Sur ce tracé qui fait suite à celui de la figure 8 du même ani-



Fig. 9. Exp. 19. — Inspirations en deux temps.

mal, on voit que toutes les inspirations, sans exception, se font en deux temps.

Voici un exemple semblable fourni par un autre animal : (jeune chien, hémisection de la moelle à 11 heures du matin, division complète à quatre heures du soir, tracé recueilli après cette dernière opération et après section des muscles abdominaux à leurs insertions thoraciques pour mettre le diaphragme à découvert).



Fig. 10. Exp. 8. — Inspirations en deux temps.

En voyant des mouvements de ce genre, en particulier ceux de la figure 10 (II'), on pourrait se demander s'il ne s'agit pas d'un défaut de synchronisme entre les muscles inspirateurs de chaque côté et en particulier entre les deux moitiés du diaphragme. Mais dans ces expériences rien n'expliquerait la discordance entre les centres symétriques de la moelle et nous avons au surplus constaté directement que les muscles respiratoires symétriques se meuvent simultanément.

Fig. 11. Exp. 19. — Contractions rhythmiques des muscles expirateurs.

L'interprétation de ces cas est du reste des plus simples ; sur le tracé 9, à peine le diaphragme a-t-il commencé à se relâcher qu'il survient une nouvelle excitation partie des centres, et une nouvelle contraction des muscles, et au lieu d'un simple mouvement respiratoire, c'est une sorte de sanglot qui se produit. Dans la figure 10, une inspiration est déjà à peu près achevée quand l'autre commence. Dans ces deux expériences le tracé a conservé cet aspect pendant quelques minutes, mais dans d'autres cas ce sont quelques inspirations seulement du même genre qui se produisent.

Si nous avons insisté sur ces particularités, c'est que nous y voyons une nouvelle manifestation de l'activité déréglée des centres spinaux.

Mais la cause principale et la plus intéressante des grandes variétés de forme qu'affecte la respiration après la suppression du bulbe, c'est le fonctionnement simultané des centres expirateurs et des centres inspirateurs. On sait que chez le chien l'expiration normale est purement passive (1); après la section de la moelle, au contraire, les puissances expiratrices interviennent très activement et quelquefois même deviennent prédominantes. C'est là encore un des traits les plus habituels de cette respiration assez caractéristique, et assez important pour que nous entrions dans quelques détails.

(1) Rosenthal, Athembeweg., p. 162.

D'abord, il peut arriver que l'on n'enregistre exclusivement que des contractions rhythmiques des muscles abdominaux sans mélange d'inspirations, et telles qu'on n'en observe jamais à l'état normal. La figure 11 fournit un exemple de ce genre et nous en avons recueilli plusieurs autres.

Cette respiration purement expiratoire, s'observe presque toujours au début de l'expérience et l'on saisit facilement pourquoi il en est ainsi. Nous avons dit que l'excitabilité de la moelle se réveille de bas en haut, puisque les mouvements reflexes peuvent être provoqués dans les membres inférieurs, alors que les membres thoraciques ne répondent pas encore aux excitations. C'est donc le segment lombaire et l'extrémité inférieure de la région dorsale qui reprennent en premier leurs propriétés. Les principaux muscles expirateurs, c'est-à-dire les muscles abdominaux qui reçoivent leurs nerfs de ces régions de la moelle, se contracteront donc d'abord seuls avec le rhythme particulier à ces mouvements respiratoires d'origine spinale.

Si l'on a soin de prendre le tracé à intervalles assez rapprochés, on voit d'abord s'inscrire quelques inspirations isolées, puis quand la portion cervicale de la moelle a repris à son tour son activité, le tracé se renverse pour ainsi dire complètement, au moins dans un certain nombre de cas, par suite de l'intervention du diaphragme et des autres muscles inspirateurs.

Nous avons dans plusieurs expériences suivi très nettement cette progression, surtout chez certains animaux chez lesquels pour une cause qu'il nous serait impossible de déterminer, les centres inspirateurs tardaient à se réveiller. C'est ainsi que sur la figure 11 on peut déjà, à un examen attentif, apercevoir quelques inspirations à peine ébauchées. Un peu plus tard, elles sont encore très rares mais très nettement marquées (fig. 12, II').



Fig. 12. Exp. 19. — Retour de quelques mouvements inspiratoires.

Enfin à peu près une heure après le début de l'expérience, ce

même chien donnait les tracés 8 et 9 auxquels je renvoie. (L'animal en question était âgé d'environ quatre à six mois, et le premier tracé, figure 11, avait été pris une heure après la section de la moelle.)

Nous reproduisons ici une autre expérience semblable dans laquelle les phénomènes ont suivi la même marche.

Expérience n° 5. — Chienne adulte (à l'autopsie on constate qu'elle est pleine); section de la moelle à midi 1/2.

A 2 h. 1/2 on revoit l'animal, il réagit par des mouvements d'expiration pendant l'insufflation pulmonaire.

A 3 h. 1/2, on prend le tracé n° 13.



Fig. 13. Exp. 5. — Contractions rhythmiques des muscles abdominaux et inspirations superficielles.

La respiration conserve les mêmes caractères jusqu'à 4 h. 3/4; à ce moment on obtient le tracé 14.



Fig. 14. Exp. 5.

Ajoutons cependant que la respiration n'a pas toujours gardé chez cet animal le type inspiratoire presque pur du tracé 14, et que l'action des muscles abdominaux se marque à intervalles irréguliers.

Voici encore un autre cas dans lequel on a observé ces mouvements rhythmiques d'expiration, dans des conditions particulières.

Expérience n° 14. — Chien adulte. Section complète de la moelle à 11 h. 1/2. Retour de la respiration constaté à 2 h.

des mouvements d'expiration pendant l'insufflation pulmonaire; à 4 h. 1/4 on prend le tracé ci-dessus; à 4 h. 1/2 de nombereuses inspirations commencent à s'enregistrer; à 5 h. le tracé prend le type inspiratoire, bien que les expirations actives se marquent encore. (Voir plus loin, fig. 21.)

Une particularité assez intéressante que nous avons notée chez cet animal, c'est que pendant la période où les expirations actives s'inscrivaient seules, le pincement de la patte ou toute autre excitation mécanique provoquait une inspiration : l'activité réflexe des centres inspirateurs avait précédé leur activité spontanée.

Il nous reste encore à montrer comment les contractions rhythmiques des muscles expirateurs, que nous venons d'étudier quand elles existaient seules, peuvent compliquer de différentes manières la forme des mouvements respiratoires, une fois que les inspirations s'inscrivent à leur tour. Nous ne reproduirons ici que quelques-unes des variétés les plus habituelles.

Ainsi il peut arriver que les expirations actives se reproduisent avec une certaine régularité, en ce sens qu'elles précèdent ou suivent immédiatement chaque mouvement inspiratoire; on trouvera un exemple du premier genre dans la moitié droite de la figure 19, qui dans son ensemble est un type intéressant de ce mélange d'inspirations et d'expirations actives. L'animal qui l'a fourni est un chien adulte chez lequel la moelle avait été sectionnée à midi; à 3 h. 1/2 l'animal respirait spontanément pendant la respiration artificielle. Le premier tracé qui a été pris à 4 h. 1/4 (sans interposition de la bombonne) est celui de la figure 19; vers 5 h. les mouvements expiratoires ne se marquaient plus qu'à de rares intervalles.

Voici encore un exemple de cette alternance assez régulière

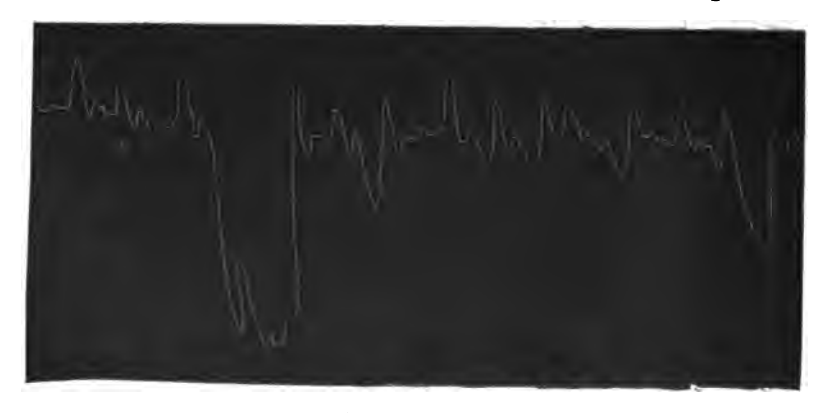


Fig. 20. Exp. 31.

des inspirations et des expirations; il provient du même animal qui a donné le tracé 18 et il a été recueilli très peu après.

Un autre tracé, toujours du même chien, montrera comment plus tard, quand les inspirations l'emportent, les expirations actives *ee'* continuent encore à se marquer (fig. 21).



Fig. 21. Exp. 13.

Rappelons que l'intervention active des muscles abdominaux s'observe quelquefois après la simple section des deux pneumogastriques; et elle se fait alors suivant un rhythme régulier analogue à celui du tracé 19, c'est-à-dire que le resserrement des

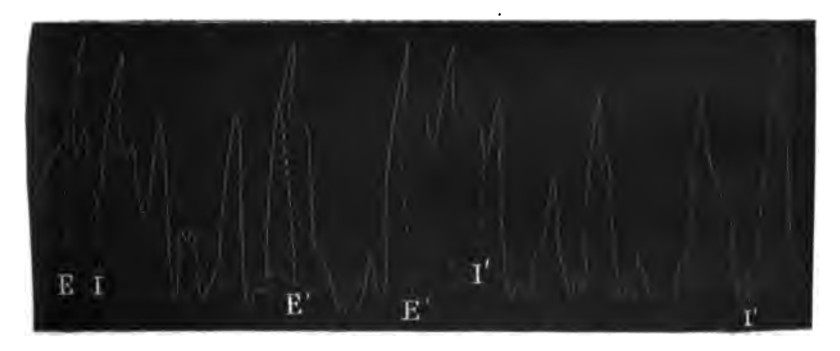


Fig. 22. Exp. 25.

parois abdominales précède immédiatement chaque contraction du diaphragme (1).

Mais d'ordinaire, dans nos expériences, quand les puissances inspiratrices sont devenues prédominantes, les expirations actives ne s'inscrivent plus avec la même régularité; de là autant

(1) Rosenthal. *Neue. Stud. ub. Athembew. Arch. f. Phys. suppl.*, 1880, p. 41.

de types variés dont les plus communs sont ceux des figures 21, 22 et 23.

Ajoutons enfin que les muscles expirateurs ne participent pas toujours à la respiration spinale; le type respiratoire normal s'obtient souvent sans qu'on ait à passer par la période d'expiration active et peut conserver ses caractères pendant toute la durée de l'expérience.

A quoi tiennent ces différences? Tout dépend, à notre avis, du degré d'excitabilité de la moelle.



Fig. 23. Exp. 35.

Ou bien celle-ci est à peu près revenue à l'état normal une fois la phase d'inhibition passée; et alors ainsi qu'à l'état physiologique, les centres inspirateurs fonctionnent seuls, mais d'après le mode d'activité qui leur est propre; ou bien l'excitabilité est augmentée et les centres expirateurs habituellement inactifs entrent en jeu, d'abord avant leurs antagonistes, puis en même temps qu'eux; à un degré plus élevé encore on voit les muscles des membres eux-mêmes se contracter rhythmiquement.

Il ne faudrait pas invoquer l'asphyxie comme cause de ce surcroît d'activité médullaire : car les contractions des muscles abdominaux ou de ceux des membres ne s'observent pas seulement après la suppression de la respiration artificielle, mais bien pendant l'insufflation pulmonaire la plus large et la plus fréquente.

La conclusion qui s'impose, c'est que, par cela seul que la moelle a été séparée de l'encéphale, l'action rhythmique des centres expirateurs tend à se manifester comme celle des centres inspirateurs; donc s'il n'en est pas de même normalement, c'est que le bulbe, en particulier, exerce sur eux une influence inhibitrice qui les maintient au repos, ou du moins ne leur permet d'intervenir que dans des conditions déterminées et sous l'in-

fluence d'excitations spéciales. Remarquons aussi que les faits précédents parlent d'autant plus dans ce sens, qu'ils ont été observés chez le chien dont l'expiration est, à l'état physiologique, purement passive.

Sans l'appareil régulateur, les expirations actives tendraient à entraver le jeu de la respiration, plutôt qu'à le favoriser. Si, en effet, dans nos expériences nous voyons quelquefois après une période d'expiration active, le tracé revenir au type inspiratoire normal, le plus ordinairement cependant et dans les cas types, l'action des muscles abdominaux s'exerce jusqu'au bout, et de telle sorte que les expirations actives et les inspirations peuvent même se produire simultanément. C'est ce que démontre très nettement la figure 24.

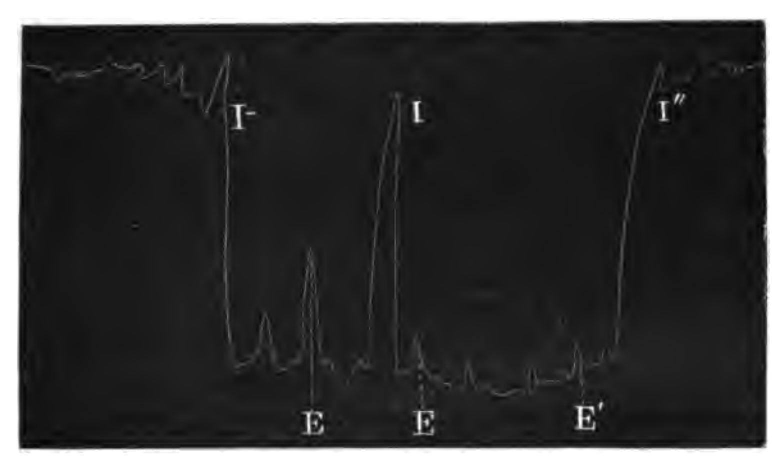


Fig. 24. Exp. 13.

On voit que pendant deux inspirations profondes, l'une de I en I', l'autre de I' en I'', les expirations actives E E' continuent à se marquer.

Ces deux inspirations sont ici consécutives à un arrêt de la respiration, déterminé expérimentalement; il semble que la pause ait amené du côté des centres inspirateurs une sorte d'addition latente des excitations, qui provoque ensuite des mouvements très amples, mais ralentis, tandis que les centres expirateurs continuent à envoyer aux muscles des impulsions plus fréquentes, mais moins intenses.

Le même phénomène se produit aussi spontanément, mais il

est rare qu'il puisse s'analyser aussi facilement que sur la figure 24, les mouvements se succédant d'habitude avec une trop grande rapidité. Il n'y a du reste pour l'observer, qu'à mettre à nu les muscles de l'abdomen et des parois thoraciques. Il est curieux de voir alors les obliques, le grand droit, les intercostaux, les grands dentelés, quelquefois les pectoraux, animés tous de contractions rhythmiques d'une remarquable fréquence. Il est inutile d'ajouter que le diaphragme participe à ces mouvements : nous l'avons souvent mis à découvert après avoir divisé la ligne blanche, et sectionné au thermocautère les insertions des muscles abdominaux à la base du thorax. Tous les agents ordinaires de la respiration entrent donc en jeu : aussi, après avoir paralysé le diaphragme par la section des phréniques, on obtient encore des courbes inspiratoires, de moindre amplitude, il va sans dire; et inversement on voit les effets des muscles expirateurs thoraciques continuer à se marquer sur les tracés quand on a détaché complètement les muscles abdominaux de leurs insertions supérieures.

Dans cette dernière opération, une portion du grand droit reste appliquée à la base du thorax, de même que des fragments des obliques demeurent adhérents à leurs insertions vertébrales et c'est chose remarquable que la persistance des mouvements avec leur rhythme antérieur, dans tous ces lambeaux musculaires, tant qu'on n'a pas entièrement détruit tous les filets nerveux qu'ils reçoivent. Si nous insistons sur ces détails, c'est qu'ils nous paraissent tout particulièrement mettre en relief la puissance excito-motrice de la moelle quand elle a été affranchie de l'influence inhibitrice des centres encéphaliques.

IV. — Considérations générales sur les centres respiratoires spinaux.

Il n'est pas inutile de jeter un coup d'œil d'ensemble sur les faits qui viennent d'être exposés. La moelle est-elle réellement un centre pour les mouvements de la respiration et quelle est la signification et la valeur de ce centre dans le mécanisme général de cette fonction? Les expériences précédentes répondent à la première question. Quand après la section du bulbe on voit chez un animal la respiration continuer sans interruption pendant trente à quarante-cinq minutes, on est certainement autorisé à considérer la moelle comme un centre respiratoire. Ro-

senthal (1), en rendant compte des expériences de Langendorff, estime qu'elles ne permettent pas de refuser au bulbe le rôle qu'on lui a attribué jusqu'ici et qu'en particulier la respiration spinale est incapable d'entretenir la vie, même pendant un court espace de temps. Langendorff cependant, avait répondu par avance à cet argument en citant le cas d'un lapin âgé de trois semaines, qui après avoir fourni des tracés pendant une demi-heure a respiré librement pendant cinquante minutes. Il est vrai qu'on avait injecté à cet animal un demi-milligramme de strychnine, et qu'on peut toujours objecter que ce ne sont pas là des conditions normales.

C'est ainsi que Mislawski dans le travail que nous avons déjà cité et dans lequel il est amené à localiser, avec Longet, le centre respiratoire unique dans un noyau gris du faisceau intermédiaire du bulbe, prétend que la persistance des mouvements respiratoires reflexes, chez les jeunes animaux, n'est pas démonstrative parce que la strychnine « ouvre aux reflexes des voies nouvelles, préexistant dans la moelle mais non cultivées physiologiquement. » Bien plus, le même auteur ajoute que toute excitation des nerfs sensitifs est sans effets sur le diaphragme après la section du bulbe. Toutes ces objections et en particulier celles qu'on peut tirer de l'emploi de la strychnine, tombent devant les faits positifs que nous avons rapportés.

Un autre argument par lequel on a pensé soutenir l'opinion ancienne est purement spécieux. Il consiste à dire : la substance grise de la moelle est non pas un centre respiratoire, mais le centre des muscles respiratoires. Ce n'est là qu'une discussion de mots. En réalité, toutes les fois que nous voyons un segment isolé de l'axe gris entretenir des mouvements dans les organes auxquels il fournit leurs nerfs, nous sommes en droit de le désigner comme centre de ces mouvements.

Tel est le cas de la substance grise de la moelle : elle peut présider par elle-même à la fonction respiratoire sans qu'elle ait à recevoir son stimulus de quelque autre point du myelencéphale, et pour que les mouvements de la respiration persistent, son intégrité est suffisante. Il n'y a pas à tenir compte de ce que ces mouvements ont changé de caractère ; il faut bien qu'il en soit

(1) *Handb. der. Physiol. Athembew*, p. 250. *Biol. Centrall*, 1881, p. 88.

ainsi, si soumis normalement à l'action de centres distincts, ils ne subissent plus accidentellement que l'influence d'un seul d'entre eux.

Cette discussion ne vise pas seulement une simple question de fait : elle a une portée plus générale. Dans la théorie classique c'est un point, une région circonscrite du système nerveux qui gouverne seule tout le mécanisme respiratoire. Même quand il a été bien démontré que celui-ci fonctionne encore après l'ablation de ce point, on s'est borné à mettre d'accord l'opinion ancienne avec les données nouvelles. C'est ainsi que Schroff conclut de ses recherches et de celles de Rokitansky, que le centre respiratoire envoie un prolongement dans la moelle cervicale (1). Fidèle à la doctrine classique, Rosenthal (2) s'exprime de la même manière. « Tout ce que nous pouvons concéder, c'est qu'il existe dans la moelle cervicale certains points qui possèdent les mêmes propriétés que le centre respiratoire. » D'après ces idées, si la respiration persiste après la section du bulbe, c'est qu'il y a dans la moelle comme des fragments aberrants du centre véritable.

Il y a longtemps que Brown-Séquard a formulé sur la répartition des centres respiratoires une doctrine tout opposée : « Les mouvements respiratoires dépendent de toutes les parties excito-motrices de l'axe cérébro-spinal et de la substance grise qui unit ces parties aux nerfs des muscles respirateurs » (3). Cette opinion dans ce qu'elle a de plus essentiel, est seule d'accord avec les faits.

Elle explique comment le nombre des centres respiratoires peut se multiplier pour ainsi dire indéfiniment, si l'on veut donner ce nom à toutes les régions de l'axe central qui modifient le rhythme de ces mouvements, comment par exemple Christiani (4) a pu décrire un centre inspirateur sur le plancher du troisième ventricule, un centre expirateur au niveau des tubercules quadrijumeaux antérieurs, comment Martin et Brooker (5) en ont trouvé un autre dans les tubercules postérieurs. Brown-Séquard

(1) *Wiener med. Jahrb.*, 1875.
(2) *Handb. d. Physiol. Athembeweq.*, p. 250.
(3) *Course of Lectures on the Physiol. Philad.*, 1860, p. 192.
(4) *Monatsb. d. Berlin. Acad. Fevr.*, 1881.
(5) Cités par Rosenthal, loc. cit. p. 285.

déjà avait dit dans le passage que j'ai cité plus haut : « Toute la base de l'encéphale sert à la respiration. »

Cependant, nous admettons contrairement à ce physiologiste, et d'accord avec d'autres expérimentateurs, en particulier avec Rosenthal, que l'activité des centres respiratoires n'est pas seulement d'origine reflexe, mais aussi automatique, c'est-à-dire qu'ils peuvent fonctionner indépendamment de toute excitation centripète et être stimulés directement par le sang lui-même. Nous dirons donc que le centre respiratoire est toute la colonne de substance grise qui donne naissance aux nerfs respiratoires de la tête et du tronc, et qui doit être considérée non pas seulement comme le centre anatomique, mais comme le centre fonctionnel des muscles correspondants. Son unité d'action est assurée, comme l'a très bien fait remarquer Langendorff, par l'excitabilité commune à tout le système, et par l'excitant commun qui est très probablement le sang lui-même ; la régularité de cette action serait entretenue selon nous par les excitations reflexes provenant de tous les nerfs centripètes sans exception, plus spécialement de certains d'entre eux, et émanées aussi, d'autre part, de quelques points circonscrits de l'axe cérébro-spinal.

Le rôle de la moelle dans le mécanisme général de la fonction se conçoit donc facilement. Elle est le centre immédiat des mouvements respiratoires du tronc : aussi quand elle a été séparée du bulbe, elle n'en continue pas moins à envoyer des impulsions rhythmiques aux muscles thoraciques et abdominaux, de même que son action tonique et reflexe persiste dans ces conditions. Bien plus, l'ablation des centres supérieurs rend son activité rhythmique d'autant plus manifeste qu'elle a pour résultat de l'exagérer. On est surtout frappé de cette puissance excito-motrice de la moelle quand après avoir mis à découvert les muscles respirateurs, on les voit tous animés de ces contractions si fréquentes et si persistantes dont nous avons parlé. Il arrive quelquefois, ainsi qu'on l'a vu, que les muscles des membres antérieurs et postérieurs participent à ces mouvements et suivent le même rhythme. Nous rappellerons que cette tendance de la moelle à déterminer des contractions périodiques, quand elle a été sectionnée, c'est-à-dire isolée des centres encéphaliques, se retrouve dans d'autres circonstances, même quand ces mouvements n'existent pas normalement. C'est ainsi que Goltz a vu

le sphincter anal qui chez un animal intact se resserre simplement sur un corps étranger introduit dans l'anus, se contracter suivant un rhythme régulier chez des chiens dont la moelle avait été divisée au-dessus du renflement lombaire (1). Nous avons vu se produire les mêmes phénomènes après section de la moelle cervicale et dans certains cas, tout à fait spontanément.

Nous avons déjà touché à la question de savoir si cette activité de la moelle, du moins en ce qui concerne les centres respiratoires, est reflexe ou automatique. Bien qu'elle n'ait ici qu'une importance tout à fait secondaire, nous devons cependant en dire quelques mots. Quand on voit les mouvements respiratoires revenir spontanément pendant l'insufflation pulmonaire, sans aucune provocation extérieure, l'on ne peut s'empêcher de penser que les excitations centripètes sont tout à fait étrangères à leur production. Il est vrai que le retour des mouvements respiratoires est ordinairement lié à celui de l'excitabilité reflexe et l'on pourrait dire que l'un est effet de l'autre; mais la coïncidence est forcée puisqu'ils reconnaissent tous les deux une cause commune qui est le réveil de l'activité médullaire. On pourrait encore trouver une preuve de l'automatisme de ces centres dans la diminution d'excitabilité des nerfs centripètes, comparée à la fréquence et à la vivacité des mouvements respiratoires. Pour démontrer directement cette opinion, nous avons cherché à plusieurs reprises à sectionner de haut en bas toutes les racines postérieures chez ces chiens à moelle cervicale sectionnée, mais dans les quelques tentatives que nous avons faites, les délabrements forcément considérables ont amené la mort de l'animal.

Nous n'aurons pas à nous arrêter longuement sur les relations des centres spinaux avec le centre bulbaire; elles ressortent nettement de l'exposition des faits. Puisqu'après la section du bulbe, les mouvements respiratoires sont fréquents, superficiels, d'amplitude inégale, c'est que celui-ci intervient normalement pour les rendre tout à la fois plus lents et plus profonds et en même temps pour leur donner la régularité nécessaire. Puisque dans les mêmes conditions, les muscles expirateurs se contractent inutilement ou à contre-temps, c'est que le bulbe

(1) *Arch. de Pflug.*, VIII, p. 460.

est chargé de modérer, et même chez le plus grand nombre d'animaux d'inhiber complètement l'activité des centres expirateurs et de la coordonner avec celle des centres inspirateurs. En résumé, si le bulbe n'est pas le centre unique de la respiration, il n'en remplit pas moins un rôle des plus importants; il représente pour cette fonction, comme pour la circulation, un appareil modérateur et régulateur.

Mais à notre avis, on chercherait inutilement dans cette région, comme on l'a fait si souvent, un amas ganglionnaire spécial et distinct dans lequel on puisse localiser ce centre; il est probable qu'il n'y en a pas d'autre que le noyau même du pneumogastrique (1), uni sans doute par des conducteurs spéciaux aux centres inspirateurs et expirateurs de la moelle épinière. Chargé de recevoir les excitations apportées par le nerf centripète le plus important de la respiration, peut-être aussi plus sensible, par adaptation, à celles qui tiennent aux variations des gaz du sang, il doit à ces deux conditions, et certainement à la première son influence régulatrice prédominante, mais non exclusive; car nous avons déjà parlé des centres qu'on a décrits dans d'autres régions et nous démontrerons dans un prochain mémoire que toutes les excitations centripètes des nerfs du tronc peuvent réagir sur les mouvements respiratoires pour les accélérer, les ralentir ou les arrêter, sans l'intervention du bulbe.

(1) L'indépendance des phénomènes cardiaques et respiratoires dépendant du bulbe, ne vient pas à l'encontre de cette hypothèse. Ce ne serait pas le seul exemple d'un centre anatomiquement simple, mais à fonctions complexes et distinctes.

ANALYSES ET EXTRAITS
DE TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

HANNOVER (Adolphe), de Copenhague. — *Quelques remarques sur le Cysticercus cellulosæ dans le cerveau de l'homme.*

On sait que les œufs d'une grande partie des cestoïdes ne sont pas développés chez le même individu ou chez des individus de la même espèce, mais chez des individus d'une autre espèce chez lesquels l'œuf donne naissance à un cysticerque. Afin que son développement devienne parfait, il faut que le cysticerque soit admis dans l'intestin d'un animal de la même espèce que celui qui en a fourni l'œuf. De cette manière, le Cysticercus tenuicolis du bœuf est développé des œufs du Tænia marginata du chien, et seulement, quand ce cysticerque est avalé par un chien, il s'y développe un Tænia marginata. Le Tænia coenurus est développé du Cysticercus coenurus du mouton, le Tænia serrata est développé du Cysticercus pisiformis du lièvre, le Tænia crassicollis du chat est développé du Cysticercus fasciolaris de la souris, le Tænia saginata (mediocannelata) de l'homme est développé du Cysticercus du bœuf, et le Tænia solium de l'homme est développé du Cysticercus cellulosæ du cochon. On ne rencontre peut-être qu'une exception dans ces séries non interrompues, le Cysticercus cellulosæ se trouvant non seulement chez le cochon, mais aussi chez l'homme, et un Tænia solium parfait pouvant de même être logé chez l'homme en même temps qu'un Cysticercus cellulosæ. Dans des rapports cannibales, un homme pourrait donc infecter un autre homme d'un Tænia solium si le Cysticercus cellulosæ de l'un fut avalé par l'autre; mais, dans des rapports ordinaires, on ne pouvait expliquer cette exception frappante qu'en supposant que les œufs du Tænia solium pouvaient être développés chez le même homme ou chez un autre homme sans aucun développement intermédiaire chez le cochon. Dans les cas où le cysticerque a paru séparément, par exemple dans l'intérieur de l'œil, sa présence a été expliquée par l'admission accidentelle d'un œuf, de même que la déglutition de proglottides entières a dû devancer la présence des grandes masses de cysticerques, par exemple chez des enfants, des aliénés ou des coprophages, etc. Pour l'explication des grandes masses de cysticerques, on a aussi supposé une infection de soi-même, de manière qu'un homme souffrant d'un Tænia s'infectait soi-même de quelque part en ramassant ses propres proglottides dans son estomac; car sans la coopération du suc gastrique, la solution et la digestion des proglottides n'aurait pas lieu. Mais dans ce cas, la simultanéité d'un Tænia et d'un cysticerque chez le même individu serait plus fréquente que l'expérience ne nous le montre.

Il y a encore un expédient par lequel on pourrait expliquer cette exception extraordinaire. Il était possible que le cysticerque qui se trouve chez l'homme ne fût pas le Cysticercus cellulosæ, mais une toute autre espèce dont le Tænia y appartenant fût encore inconnu, comme on ignore encore le Tænia du Cysticercus acanthotrias, caractérisé par trois séries de crochets, qui se trouve chez l'homme.

A cet égard, il faut d'abord considérer l'endroit où les cysticerques séjournent par préférence. Chez le cochon, où le Cysticercus cellulosæ se trouve le plus fréquemment, tandis qu'il est rare chez le singe (Rudolphi, Treutler), le chien (Leisering, Reimann), l'ours, le rat, le cerf (Krabbe), et douteux chez le mou

ton (Cobbold) et l'alpaca, on observe les cysticerques surtout dans les muscles, puis dans la peau, le cerveau et les yeux, et exceptionnellement dans les intestins; mais le cysticerque que l'on trouve chez l'homme a son siège le plus fréquent dans le cerveau et dans les yeux et principalement pas simultanément dans d'autres parties, tandis qu'il est rare dans la peau et dans les muscles. Enfin, le cysticerque de l'homme prend des formes insolites qui manquent ailleurs, donnant ainsi lieu aux variétés trouvées chez l'homme que l'on a nommées Cysticercus racemosus (Zencker), dicystis (Laennec), albo-punctatus (Treutler), Trachelocampylus (Frédault), turbinatus et melanocephalus (Koeberlé). On pourrait joindre aux formes insolites la grandeur extraordinaire que le cysticerque de l'homme peut atteindre chez celui-ci, ce qui n'est pas le cas chez les animaux; cependant il est possible que cette grandeur soit due à l'organe (le cerveau) où sont logés les cysticerques.

Dans ces circonstances, il ne m'a pas paru superflu (ce sont des recherches qui datent de plus de 30 ans) de faire l'anatomie exacte des cysticerques de l'homme aussi bien que du cochon, et d'en comparer les résultats, bien que Leuckart affirme leur identité complète, en ajoutant cependant (Parasiten des Menschen, I, 2 p. 644) : « Damit soll aber nicht gesagt sein, dass es immer und überal nur der Cysticercus cellulosæ sei, der den Menschen heimsucht ». J'aurai en même temps l'occasion de communiquer quelques observations sur l'anatomie du cysticerque adulte moins connues ou n'étant pas d'accord avec celles d'autres observateurs.

Le principal objet de mes recherches fut le cerveau d'un homme infecté largement et partout de cysticerques; c'est sans aucun doute le même cas qui est mentionné par M. Eschricht dans son mémoire sur la maladie hydatidique endémique en Islande (Bibliothek for Læger, Januar 1854) sans qu'il s'occupe des rapports anatomiques. Les cysticerques du cochon, maladie à présent très rare en Danemark, je les dois à l'obligeance de M. Krabbe. Où il n'y est pas fait d'autre restriction, la description s'applique en même temps au cysticerque de l'homme et à celui du cochon.

Le cysticerque, quand il est parfaitement développé, nage librement dans le fluide d'une capsule, produit d'une irritation des parties dans lesquelles l'animal s'est logé. La capsule est dépourvue d'un épithélium sur ses faces interne et externe. Lorsque la capsule chez le cochon est placée entre les fibres musculaires, elle est bien en connexion intime avec eux, mais s'en laisse détacher. Dans le cerveau de l'homme, elle est serrée par la masse cérébrale qu'on peut en racler, mais elle est complètement unie avec le plexus chorioïdien et la pie-mère. Les parois de la capsule, dont la forme varie selon les parties qui l'entourent, sont tantôt très minces tantôt épaisses ou d'une épaisseur inégale. Leur membrane ferme et élastique se compose de fibres ordinaires lisses du système conjonctif disposées en une ou plusieurs couches et pourvues de vaisseaux sanguins en dehors.

Le fluide contenu dans la capsule dépose chez le cochon un fin sédiment sans structure; chez l'homme, je l'ai trouvé trouble et mêlé d'un grand nombre de cellules purulentes, de globules adipeux et granuleux, de cristaux de cholestérine et quelquefois de globules de sang et de cristaux de margarine. Les résultats de l'inflammation produite par la présence d'un corps étranger sont donc plus manifestes chez l'homme que chez le cochon.

La capsule renferme le cysticerque, qui est composé d'un sac et d'un corps solide.

Le sac (receptaculum) est formé par une membrane claire et ferme sans structure et granuleuse à l'intérieur. L'extérieur est garni de cellules épithé-

liales grandes, rondes, à gros grains; on les observe facilement en pliant une partie de la membrane; elles ont la double grandeur des corpuscules calcaires dont il sera question plus tard. On trouve en outre chez le cochon des noyaux ronds ou anguleux qui deviennent plus visibles à l'aide de l'acide acétique. Le sac lui-même est rond ou oval, de différente grandeur, et il contient un fluide assez limpide et un sédiment blanchâtre sans structure; on y voit aussi des gouttes adipeuses et des cristaux de cholestérine. Je n'ai pas observé de vaisseaux.

Le corps, qui est plus gros chez l'homme que chez le cochon, se divise en une tête et une partie cylindrique, mais ces parties se continuent, sans interruption.

La tête (trompe) est hémisphérique chez le cochon, plus pointue chez l'homme. Elle est garnie d'une double couronne de crochets alternativement plus longs et plus courts et rangés de manière que toutes les pointes sont disposées sur le même cercle; c'est la raison pourquoi l'extrémité intérieure des crochets courts ne porte pas si loin en dedans que celle des crochets longs. Quand l'animal a tourné la tête, les pointes des crochets s'élèvent et leurs bords convexes se regardent. Ils sont courbés en forme de sabre, et on y distingue trois parties : une lame, un manche et un talon unique ou bifurqué, placé un peu au delà du milieu du crochet et implanté dans la peau de l'animal. Ces diverses parties des crochets forment cinq cercles concentriques, soit, en comptant de dehors en dedans : les pointes de tous les crochets tournés en dehors, les talons bifurqués des crochets courts, les talons uniques des crochets longs, l'extrémité intérieure des manches des crochets courts et l'extrémité intérieure des manches des crochets longs. Le nombre des crochets varie; chez le cochon, j'en ai trouvé 24 six fois, 16 deux fois, en d'autres cas, 26, 20 et 18; chez l'homme, j'en ai trouvé 24-28, quelquefois moins, même 14. Les nombres les plus élevés doivent naturellement être considérés comme les plus sûrs.

La substance des crochets est uniforme, vitrée et luisante, ce qu'on observe le mieux sur les cassures. Leur aspect change à cause de leur transparence selon la distance focale du microscope, et la réfraction de la lumière devient plus grande à cause de la forme sphérique des talons. Les crochets ne sont pas altérés par l'acide acétique; l'acide nitrique les pâlit, mais il n'y a ni dissolution ni effervescence.

Les crochets longs ont la lame légèrement recourbée; le dos convexe de cette lame est d'une épaisseur assez uniforme, le tranchant est concave et plus grêle. Les côtés de la lame sont âpres et rayés et forment une figure triangulaire avec une limite oblique et un peu dentelée vers le manche; cette limite est formée par le bord d'un fourreau dans lequel le talon et le manche sont enfermés. L'âpreté ne se trouve que sur la surface de la lame.

Le manche est cylindrique, quelquefois un peu courbé, surtout l'extrémité; il est un peu plus large immédiatement au-dessous du talon. Le talon est unique et hémisphérique, mais paraît souvent sous des formes différentes et surtout plus pointues. La raison en est que le manche et le talon sont entourés d'un fourreau membraneux et sans structure qui accompagne le crochet lorsqu'il est détaché de sa place. Ne les entourant que lâchement, le fourreau saillit quelquefois hors des parties enveloppées et en change la forme; il adhère cependant plus fortement au manche qu'au talon où on le trouve en général dégagé ou flottant. Il semble que le fourreau contient un fluide, mais je n'ai pas réussi à l'isoler parfaitement.

Les crochets courts sont courbés comme les crochets longs, et ils ont le

même dessin sur les côtés de la lame, mais outre la différence de leur longueur, ils s'écartent des crochets longs par la bifurcation du talon d'une courbure différente. L'extrémité du manche est plus pointue que celle des crochets longs, mais elle est du reste conique, ce qui fait que le manche et le talon deviennent plus épais et plus gros que ceux des crochets longs. Un fourreau enveloppe le manche et le double talon et forme la limite oblique sur les côtés de la lame comme celui des crochets longs; la forme change selon la largeur du fourreau.

J'ai mesuré avec soin les crochets et leurs parties différentes chez l'homme et le cochon, et j'ai pris la moyenne de 12-14 mesures de crochets pris au hasard. Le crochet est mesuré de la pointe à l'extrémité du manche; par contre, la lame seule est mesurée le long de son dos; par cette raison, la longueur totale de la lame et du manche ne répond pas à la longueur de tout le crochet. La mesure est indiquée en millimètres.

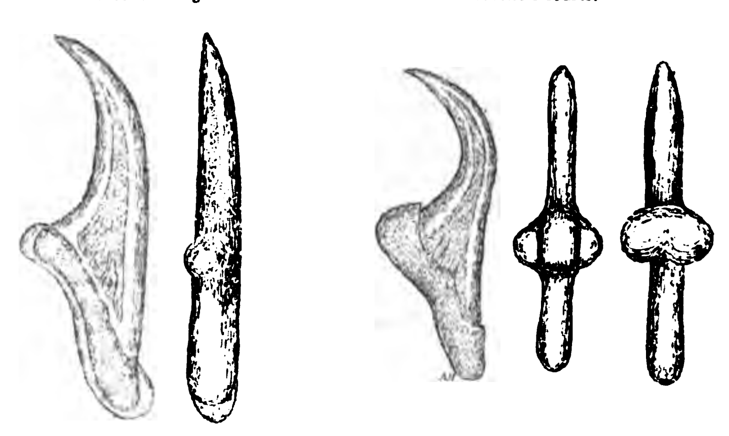
		CYSTICERCUS CELLULOSÆ			
		HOMINIS.		SUIS SCROPHÆ.	
		Grandeur moyenne.	Maximum. Minimum.	Grandeur moyenne.	Maximum. Minimum.
Crochets longs.	Longueur totale..........	0,159	0,175 0,145	0,164	0,170 0,155
	Longueur de la lame......	0,094	0,100 0,085	0,096	0,100 0,090
	Longueur du manche......	0,069	0,080 0,057	0,075	0,080 0,065
	Largeur latérale du talon...	0,049	0,055 0,045	0,050	0,053 0,045
	Largeur de la lame au-dessus du talon...............	0,018		0,016	
Crochets courts.	Longueur totale..........	0,126	0,132 0,120	0,123	0,137 0,115
	Longueur de la lame......	0,076	0,087 0,070	0,073	0,080 0,060
	Longueur du manche......	0,053	0,057 0,050	0,052	0,060 0,045
	Largeur latérale du talon...	0,046	0,052 0,045	0,047	0,057 0,040
	Largeur de la lame au-dessus du talon...............	0,015		0,016	
	Largeur à travers le talon..	0,036		0,038	

Les différences entre les crochets du cysticerque chez l'homme et chez le cochon ne sont pas très prononcées. En général, les crochets longs du cochon et leurs parties sont plus longs que ceux de l'homme, tandis que les crochets courts ont une longueur un peu plus grande chez l'homme. Les lames des crochets courts de l'homme sont plus courbées que celles du cochon, leur largeur est un peu moindre. Il y a aussi des différences dans la forme du talon, surtout dans celle des crochets courts; mais je renvoie le lecteur, à l'égard de

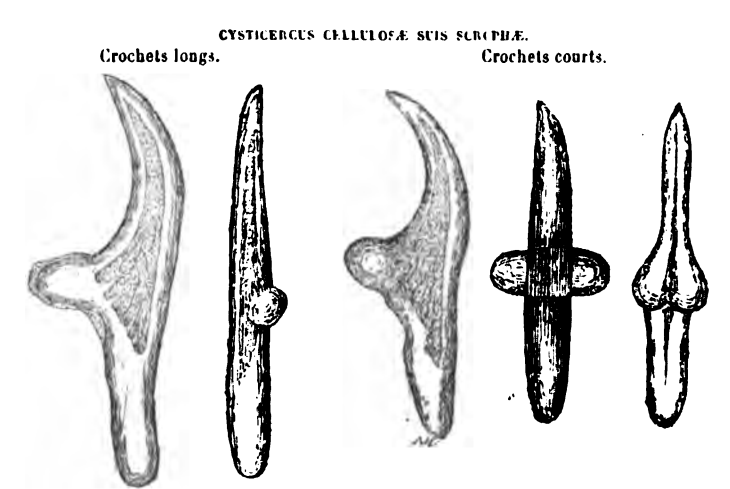
ces différences, aux dessins ci-joints (grossissement de 340 fois) que j'ai gravés moi-même, et qui font voir ces différences, pas très grandes il est vrai, plus aisément que ne le ferait une description détaillée.


CYSTICERCUS CELLULOSÆ CEREBRI HOMINIS.

Crochets longs. Crochets courts.



En bas des pointes des couronnes formées par les crochets, à une distance moyenne de 0,06^{mm} chez le cochon et de 0,15^{mm} chez l'homme, se trouvent quatre ventouses qui semblent être un peu plus grandes chez l'homme ; la distance différente est cependant seulement causée par la contraction diffé-


CYSTICERCUS CELLULOSÆ SUIS SCROFÆ.

Crochets longs. Crochets courts.

rente du rostre. La tête, dont la forme paraît quadrangulaire vue d'en haut, est chez l'homme un peu plus grosse que la partie suivante du corps, différence qui n'est pas si visible chez le cochon. Les ventouses sont d'une grandeur variable chez les individus différents et contiennent des fibres radiaires et concentriques pour la contraction et la dilatation des ventouses.

Le corps est enseveli dans le sac qui l'entoure de tous les côtés; on distingue

déjà à l'extérieur du sac un petit point blanchâtre indiquant la place où l'animal a commencé à se développer en retournant sa tête. Ce point forme la place de transition entre le corps et le sac; il est pourvu d'une ouverture par laquelle on peut faire sortir par compression un fluide laiteux avec des masses grumeleuses; ce fluide doit son origine à la substance liquide contenue dans la capsule dans laquelle l'animal flotte. L'ouverture peut laisser introduire un crin dans le corps retourné à une profondeur d'un millimètre; elle est toujours située vers le côté convexe formé par le corps. Ordinairement tout le corps est retourné dans le sac en formant un angle aigu avec celui-ci, et on peut l'en faire sortir à l'aide d'une compression, mais quelquefois le corps et la tête flottent librement dans le fluide du sac. J'ai observé cette disposition chez le cochon, tandis que, chez l'homme, le corps reste en général retourné dans le sac.

Chez le cochon, je n'ai pas observé un épithélium particulier à la surface externe du corps; chez l'homme au contraire, j'ai trouvé le corps parfaitement couvert d'une enveloppe gélatineuse qu'on ne pouvait pourtant séparer ni retirer comme une membrane propre.

Le corps a dans sa totalité une forme ronde ou cylindrique; la forme en alambic est très fréquente chez l'homme. La tête est invaginée dans la partie grosse de l'alambic, enroulée en spirale avec un ou deux tours pour occuper moins de place. Chez le cochon, je n'ai pas trouvé de spirales. Le tiers supérieur avec la tête est beaucoup plus grêle que le reste, et la transition entre ces deux parties se fait assez subitement. Cette partie supérieure est garnie extérieurement de plis transversaux très fins qui deviennent successivement plus gros en bas et alors plus visibles; ils se perdent quand les parois du corps deviennent minces vers son attache au sac; le corps devient en même temps plus large. Dans le cas mentionné ci-dessus où le tiers supérieur flottait librement dans la capsule sur une longueur de trois millimètres, il n'y avait pas de plis transversaux, tandis qu'on en reconnaissait dans le reste du corps qui était entouré d'une enveloppe gélatineuse.

Les parois du corps sont formées d'une couche, en général unique, de fibres transversales et longitudinales qui se croisent sous un angle droit. Ces deux sortes de fibres sont assez déliées. Leur parcours est parallèle ou un peu tortillé, et elles sont placées dans un tissu ferme et uniforme, souvent ramassé en forme de ceintures indiquant les plis transversaux de l'animal et leur correspondant en nombre. Les fibres longitudinales sont les moins nombreuses, et la même fibre ne semble pas correspondre à toute la longueur de l'animal. Tout le corps est creux depuis la tête jusqu'à la limite accentuée de la transition du corps au sac. L'intérieur du canal du corps est garni sur toute sa longueur de plis transversaux annulaires et assez épais; ils peuvent à leur tour porter des plis plus petits. Vers la tête, les plis sont plus minces, plus serrés et plus uniformes, mais néanmoins bien manifestes, même au commencement du canal au-dessous de la tête. En outre, il y a ordinairement chez l'homme un ou deux groupes de plis plus larges, formant par leur ensemble un corps solide saillant à peu près vers le milieu du canal; sur de coupes, ce corps donne l'aspect de feuilles pliées et attachées à la paroi interne du canal. Quand l'animal est transparent, tous ces plis sont visibles du dehors, mais l'enveloppe gélatineuse n'y prend aucune part.

Chez l'homme, je n'ai pas trouvé de corpuscules calcaires, chez le cochon, au contraire, toute la surface interne du canal depuis la tête jusqu'au sac est couverte largement de ces corpuscules qu'on a nommés calcaires, peut-être à tort. Ils n'adhèrent que légèrement à la surface interne et sont ovales et plats, moins souvent ronds ou anguleux. Leur diamètre le plus grand est de $0{,}02^{mm}$,

beaucoup sont plus petits ou n'ont que la moitié de cette taille. Ils sont composés d'une coque et d'un contenu..... Ils semblent formés non par un dépôt concentrique de couches calcaires, mais par une pénétration de chaux dans une substance organique. Lorsqu'on y ajoute un acide fort comme l'acide nitrique (l'acide acétique est sans effet), tout le corpuscule pâlit subitement et se dissout, et il reste un contour faible mais bien visible. Quand les corpuscules sont desséchés et ont été traités par l'essence de thérébentine, ils pâlissent de même, mais leur forme est conservée; ils contiennent donc vraisemblablement une matière grasse qui se dissout.



CYSTICERCUS CELLULOSÆ CEREBRI HOMINIS.
Grossis de 7 fois.

Au lieu de ces corpuscules calcaires, on trouve chez l'homme dans toute la longueur du canal des masses rondes, ovales ou anguleuses, d'une structure incertaine à gros grains. Par l'acide nitrique, la masse se contracte et pâlit un peu, mais aucun autre changement ni aucune effervescence n'a lieu.

En périssant l'animal durcit chez l'homme et se transforme en une masse informe composée de couches concentriques pétrifiées et sans structure manifeste. La capsule, qui est le produit d'une irritation de la substance cérébrale peut rester et se remplir d'une masse caséeuse dans laquelle l'animal est plongé. Quelquefois, le sac très mince de l'animal est conservé et devient gros comme une noix ou de plus; la partie de l'animal qui se trouve dans le sac, est bien conservée tandis que la partie hors du sac devient caséeuse. Les crochets restent inaltérés dans ces sacs caséeux. On peut trouver des masses de pigment ou grains noirs dans la peau de l'animal.

Quoique Leuckart, comme je l'ai dit plus haut, affirme qu'il est prouvé suffisamment que le cysticerque du cochon est identique avec celui de l'homme et que la preuve bien déterminée en est donnée par Redon qui avala quatre cysticerques d'un homme et rendit des proglottis de Tænia solium, il me semble pourtant qu'il y a des circonstances qui élèvent en tout cas quelque doute sur ce témoignage. Il y a d'abord, comme je l'ai mentionné au commencement de ce mémoire, l'apparition simultanée d'un Cysticercus cellulosæ et d'un Tænia solium chez le même homme ou chez un autre homme, apparition qui devait être beaucoup plus fréquente, vu la fréquence du Tænia solium chez l'homme; c'est une exception si importante d'une loi générale qu'elle seule doit nous inspirer des soupçons à l'égard de la justesse de son opinion. Puis il y a les différentes localités favorisées par le cysticerque de l'homme et par celui du cochon, ensuite les formes et la grandeur extraordinaires du cysticerque de l'homme. Enfin, on rencontre des différences anatomiques qui ne sont en vérité pas très notables prises isolément, mais qui obtiennent en tout cas quelque valeur par leur coïncidence.

Le Propriétaire-gérant,

FÉLIX ALCAN.

Saint-Denis. — Imprimerie CH. LAMBERT, 17, rue de Paris.

degrés plus ou moins grands de complication, comme ceux par lesquels on remonte de l'élément au tissu, de l'organe à l'appareil, de l'appareil à l'individu concret. Ou, si ces notions d'organisation ne sont pas plutôt irréductibles, d'ordres divers, et en ce cas quelles elles sont?

Pour éclaircir ce point, il procède par analyse; il envisage d'abord un organisme quelconque comme formant un tout dont on se proposera d'étudier successivement les caractères depuis ceux de la forme et du volume jusqu'à ceux de structure intime. Et aussitôt on reconnaît que l'organisme n'est pas simple, mais se divise en parties de divers ordres : d'abord les *appareils*, lesquels sont formés d'*organes* (1), lesquels se distribuent en *systèmes*, lesquels sont constitués par des *tissus* et des *humeurs*, lesquels sont formés à leur tour d'*éléments anatomiques* et de *principes immédiats*.

Cet ordre d'études dérive de la nature des choses, où l'Individu nous apparaît dans la complexité nécessaire qu'atteste le mot même que nous employons pour le désigner, *individu*. Cet ordre, une fois établi dans la matière même de la recherche, peut évidemment être repris en sens inverse; l'essentiel est seulement, malgré que toutes ses parties fonctionnent et agissent simultanément, de les étudier au contraire successivement ou tout au moins séparément. Sinon, l'on tombe dans une confusion inextricable qui exclut toute notion générale, tout enchaînement des faits, et, par suite, toute application.

C'est ainsi que Robin suivant ici de Blainville établit dès l'abord que la connaissance des éléments microscopiques a sa place déterminée dans l'ensemble de la recherche anatomique et qu'elle en est une division spéciale à côté de l'étude des tissus faite par Bichat, sans porter toutefois aucune atteinte à celle-ci, ni en diminuer l'importance. De plus, à côté des éléments anatomiques et comme leur condition même d'existence, il voit les humeurs, les plasmas, les liquides glandulaires et autres dont l'Anatomie jusque-là n'avait tenu aucun compte. Mais bien que l'étude des humeurs y rentre évidemment au même titre que celle des parties solides, elles ne seront pas étudiées par les mêmes procédés. C'est donc une branche à part, que Robin désigne sous le nom d'*Hygrologie*.

(1) Il est important de relever la distinction que fait Robin entre les *organes premiers* dont l'ensemble constitue un *système anatomique*, et les *organes seconds* formés chacun par la réunion d'organes premiers appartenant à des systèmes différents et qui s'associent pour constituer les *appareils*. Ainsi le foie, organe second faisant partie de l'appareil digestif, comprend des organes premiers relevant des systèmes épithélial, conjonctif, artériel, veineux, capillaire, lymphatique, nerveux, etc.

Ces humeurs à leur tour résultent du mélange plus ou moins intime d'un certain nombre de principes immédiats qui forment le lien même entre le monde cosmique et le monde biologique. Or la connaissance de ces principes immédiats relève plus de la chimie que de l'anatomie, bien que se rattachant à celles-ci puisqu'il s'agit de parties constituantes du corps. Par suite les procédés vont différer avec l'objet à étudier. Robin propose pour cette science, dont on ne saurait méconnaître l'importance, un nom nouveau : la *Stœchiologie.*

Devant ces complications croissantes du domaine si considérablement accru de l'Anatomie générale, Robin se sentant peut-être entraîné, voulant peut-être se contraindre à ne point s'égarer dans un champ si vaste, finit par donner à sa conception de l'Anatomie générale la forme de *tableaux explicatifs* dans chacun desquels sont simplement énumérées les parties du corps à étudier dans tous les êtres, selon l'ordre que nous venons d'indiquer. Ces dix feuilles imprimées sont assurément une des œuvres les plus originales de Robin. Elles ne portent pas même le titre sous lequel l'auteur les cite et les mentionne dans la liste de ses ouvrages : « *Tableaux d'anatomie contenant l'exposé de toutes les parties à étudier dans l'organisme de l'homme et dans celui des animaux* (1850). » On lit simplement en tête de chaque feuille : *Laboratoire de Biologie, 8, rue Garancière.* PLAN D'ÉTUDES (1).

Les sous-titres sont les suivants : Tableaux 1 et 2 : *Anatomie du corps entier et de ses parties.* — 3 et 4 : *les Appareils.* — 5 : *les Organes.* — 6 : *les Systèmes.* — 7 et 8 : *les Tissus et les Humeurs.* — 9 : *les Éléments.* — 10 : *les Principes immédiats.*

Ces tableaux ne sont, avons-nous dit, que des énumérations; toutefois on y trouve çà et là, en petit texte, des digressions, par exemple : 1° sur le phénomène de la mort considérée soit comme phénomène unique, soit dans les divers tissus; 2° sur les veines portes et leur usage; 3° sur l'appareil de l'*urination*, où Robin nous montre une fonction exactement au même titre que la digestion. Mais le but des *Tableaux* est essentiellement de servir comme une sorte de guide universel pour l'étude des parties du corps d'un être quelconque. Celle-ci y est conduite depuis la notion morphologique extérieure de cet être, jusqu'à la connaissance de ses éléments anatomiques et des principes immédiats dont le mélange intime constitue ses humeurs. Bien que l'attention de Robin semble avoir été uniquement sollicitée au début par les principes immédiats entrant dans les humeurs, il est évident qu'ils n'ont pas moins d'impor-

(1) Imprimé chez Martinet.

tance envisagés dans les substances demi-solides ou solides composant les parties plus résistantes de l'économie.

Robin, comme beaucoup d'esprits supérieurs, avait le goût de ces façons d'exposer sommairement une science dans ses branches diverses. La même tendance le conduisit plus tard à rédiger son *Programme du cours d'Histologie*. Le moindre inconvénient de cette forme condensée est de tout mettre au même plan et de fausser la relation des choses, toujours plus complexes dans la Nature, se touchant, se mêlant par divers côtés, ayant en un mot des connexités beaucoup trop multiples pour qu'on les puisse justement exprimer par de simples artifices graphiques à deux entrées.

Les *Tableaux d'anatomie* ont les mêmes défauts que tous les essais de ce genre. Ils n'en présentent pas moins un intérêt très grand comme la première tentative d'un exposé didactique complet de l'Anatomie. Il faut les prendre avant tout comme un *memento*. Ils devraient être, conformément à la destination que leur assignait l'auteur, affichés dans tous les laboratoires de biologie, présents à l'esprit de tous ceux qui s'occupent d'une branche quelconque de l'anatomie. Ils sont l'expression frappante d'une bonne méthode pour étudier les corps vivants quels qu'ils soient, l'Homme ou le dernier des Métazoaires.

C'est pour avoir négligé cette méthode que tant de recherches patientes sur les êtres inférieurs et qui font par d'autres côtés tant d'honneur à leurs auteurs, sont restées cependant sans profit pour l'avancement de nos connaissances générales et la solution des questions fondamentales en biologie. C'est pour n'avoir pas su distinguer nettement ce qui est étude des tissus, étude des éléments, ce qu'est même un élément ou un tissu, et avoir très généralement omis les humeurs, que de si grandes confusions se sont introduites d'une part dans la description d'une foule d'organismes inférieurs; et que, d'autre part, des recueils périodiques s'emplissent de figures portant sur les altérations pathologiques les plus diverses, et qui toutes cependant se ressemblent, au point qu'on les prendrait pour la reproduction les unes des autres. C'est pour ne pas savoir ce qui distingue la connaissance d'un tissu ou d'un élément de celle d'un organe qu'on voit l'Histologie proprement dite des animaux supérieurs presque délaissée et celle des animaux inférieurs ou des embryons à peine ébauchée par suite de la confusion des méthodes propres à divers ordres déterminés de recherches.

Les *Tableaux* nous montrent Robin embrassant dès le début de sa carrière dans une grande vue d'ensemble toutes les parties de

l'Anatomie. Laissant l'Anatomie descriptive et l'Anatomie comparée, il s'attache à l'Anatomie générale, qui n'était encore que confusion. Il y jette la lumière en donnant le programme complet des études qu'elle doit réaliser.

Pour mieux marquer le rôle et la part de Robin dans l'avancement et les derniers progrès de l'Anatomie générale, il n'est pas sans utilité de se reporter à ce qu'était la science où il entre ainsi en législateur. Avec lui nous pouvons considérer l'Anatomie comme comprenant : 1° l'étude des appareils ; 2° celle des organes ; 3° des systèmes ; 4° des tissus ; 5° des éléments anatomiques. L'anatomie descriptive des appareils et des organes est la première qui ait été faite. L'étude des systèmes et celle des tissus, inaugurée d'une façon remarquablement précise par Aristote (1) devient seulement avec Bichat une branche importante et distincte de l'anatomie. C'est Bichat qui crée le terme « *élément organique* ou *anatomique* » pour désigner les dernières parties des corps organisés accessibles à nos sens et dont il ne se soucie point d'approfondir la connaissance par les instruments d'optique. D'ailleurs comment, dans sa fiévreuse et courte existence, le jeune et célèbre médecin de l'Hospice d'Humanité eut-il trouvé le temps de ces recherches plus délicates et plus patientes ? Il crée l'Anatomie générale ; cela suffit. Et dans la voie où il entrait, « il sut toujours, comme dit Robin (2), se tenir au point de vue philosophique avec une énergique « supériorité d'intelligence, en employant successivement l'observation, l'expérimentation et la comparaison pour arriver à son but. » Tel sera également le fond de la méthode de celui qui, après De Blainville, va marcher sur les traces du grand anatomiste français. Robin est revenu à plusieurs reprises sur l'importance qu'il convient d'attacher à ce qu'il appelle « les trois modes fondamentaux de la biologie (3). » A vrai dire, il est facile de voir qu'ils n'en font en réalité qu'un seul. Peut-être se rappelle-t-on la discussion qui s'est élevée, il y a quelques années, entre Coste et Claude Bernard à l'Académie des sciences, l'un et l'autre essayant de tracer les domaines précis de l'expérience et de l'observation. La distinction est bien subtile : l'expérience n'est qu'une observation dans des circonstances voulues ; une observation n'est qu'une expérience dont les conditions, quelquefois tout à fait anormales, ont leur origine dans la marche naturelle des choses. Tout *accident* observé est en réalité une expérience. Ces nuances délicates doivent être

(1) Voy., sur ce point, Pouchet : *La Biologie aristotélique*, 1 vol. Paris, F. Alcan, 1885.
(2) *Du Microscope*, 1849.
(3) Voy. *De la Biologie*, 1867.

écartées. Il n'y a enfin de compte qu'un procédé scientifique universel : la comparaison. La méthode comparative sera donc le grand moyen d'investigation dans les sciences biologiques aussi bien que dans les autres. Le but que se propose toute recherche est de saisir dans les phénomènes leurs relations constantes, soit de similitude, soit de succession. Il s'agit en somme de concevoir ce qu'offrent d'analogue ou de dissemblable tous les cas possibles.

Dans l'application et relativement à l'Anatomie, qui nous occupe ici, Robin toujours attaché aux formules précises, établit que le mode comparatif devra être employé successivement sous cinq chefs qu'on peut énumérer ainsi : 1° comparaison des différentes parties d'un même individu entre elles ; 2° comparaison suivant le sexe ; 3° comparaison des différentes variétés ou des races d'une même espèce entre elles ; 4° comparaison de chaque partie successivement aux différentes périodes de leur développement ; 5° comparaison de chaque partie avec les mêmes choses dans la série des êtres organisés. — Bichat avait forcément négligé ce dernier point de vue ; non complètement toutefois, quand par exemple il compare certains tissus des animaux de boucherie à leurs similaires chez l'Homme ; mais, par contre, il a spécialement insisté sur la comparaison au point de vue pathologique, « qui après l'état nor-« mal, réplique Robin, doit être reprise ensuite successivement sous « les cinq chefs précédents toutes les fois que la nature des choses « le permet. »

Bichat n'était point allé jusqu'à la connaissance des éléments, microscopiques pour la plupart, qui composent les tissus et dont l'étude est aujourd'hui la partie fondamentale de l'Histologie. Cependant ces éléments, fibres, cellules, globules, vaguement indiqués dans les végétaux par Malpighi, chez les animaux par Leeuwenhœck, Muys et Fontana (+ 1803), servaient cependant déjà, surtout de la part des botanistes, à l'élaboration d'une histologie rudimentaire. C'est en 1802 qu'une femme découvre la *cellule* en tant qu'individu ou élément anatomique distinct (1). En 1816, Treviranus insiste sur l'existence dans le corps des animaux, de matières homogènes et amorphes, à côté des fibres, des globules, etc. Gerber étudie, le premier, systématiquement les éléments anatomiques et les tissus, mais sans établir de distinction nette entre les uns et les autres. Enfin Henle, à proprement parler, ne traite dans son *Anatomie générale* que des éléments anatomi-

(1) Voy. Pouchet et Tourneux, *Précis d'histologie et d'histogénie*, p. 6.

ques, en s'étendant, toutefois, à propos de chacun d'eux, sur l'histoire du tissu qu'ils composent principalement.

Pendant ce temps, en France, les principes si magistralement posés par Bichat, étaient dédaignés. Cuvier, son contemporain et qui lui survécut de si longues années, n'a jamais prononcé son nom (1). On peut dire que Cuvier, malgré le nombre considérable de ses travaux et le mérite incontesté de ses élèves a eu, sauf en ce qui concerne la Paléontologie, une influence plutôt néfaste sur l'avancement de la biologie. Il suffit de la comparer à celle de Johannes Muller, en Allemagne. Sans parler de l'écrasement de Lamarck et de Geoffroy Saint-Hilaire, ces précurseurs de Darwin, on peut reprocher à Cuvier et à ses diciples de ne voir d'autre objet d'étude chez les animaux, que les organes et les appareils, et ceci même parfois assez confusément. « Quant aux systèmes et aux tis« sus, leur étude est complètement négligée. Du moins si çà et « là on trouve quelques considérations sur eux (2), on reconnait « par le peu d'importance et le peu d'étendue qui leur sont don« nées, que les auteurs n'ont pas senti que c'était là autant de « parties d'un tout qui, à l'exemple de ce que faisait Bichat, au« raient dû recevoir des développements proportionnés à leur im« portance. C'était méconnaître la valeur philosophique du véri« table créateur de l'Anatomie comme science. » Ces paroles de Robin, en 1849, sont restées vraies après plus d'un quart de siècle.

Béclard, lui-même, bien qu'auteur d'un *Traité d'Anatomie générale* (1821-1823), n'avait tenu aucun compte des principes si nettement posés par Bichat. Ses publications marquent réellement un temps d'arrêt, pour ne rien dire de plus, dans l'essor de la science nouvelle dont le *Traité des membranes* avait été le point de départ. C'est au Muséum que la grande tradition de l'Anatomie générale est réellement reprise par un homme d'une valeur supérieure et dont les élèves se sont appelés Robin, Coste, F.-A. Pouchet, Gervais, Giraldès, Hollard. Cet homme était De Blainville. Un étroit commerce intellectuel l'unissait à Auguste Comte, et tous deux en profitèrent largement, l'un se perfectionnant en biologie, l'autre s'inspirant des véritables méthodes scientifiques. De Blainville, avant Gerber et Henle, attribue le premier une place à l'étude systématique des éléments en anatomie (*Cours de physiologie générale et comparée*, 1829). D'ailleurs, pas plus que Bichat, il ne les observe.

(1) Voyez Pouchet. *La chaire d'Anatomie comparée. Revue Scientifique* du 17 avril 1880.

(2) Et nous pouvons ajouter : parfois excellentes, comme l'étude du *sarcode* des Noctiluques par M. De Quatrefages.

Il se défie du microscope, il les connaît donc fort mal. Mais il introduit en Anatomie générale une importante distinction, celle des *constituants* et des *produits*. Il y fait également rentrer l'étude du sang, de la lymphe, des gaz, des liquides sécrétés, etc., au même titre que celle des parties solides ou tissus.

C'est ici qu'apparaît Robin, avec cet esprit profondément systématique qui en avait fait du premier coup un adepte de la philosophie positive. Il fait un pas de plus. Il distingue, au grand profit de l'étude, ce qui avait été confondu : l'histoire des tissus et celle des parties qui les composent. Il montre que les éléments anatomiques du corps vivant, cellules ou autres, ne sont pas seulement à noter et à observer comme constituant les tissus, mais qu'ils ont leur ontologie propre; que leur qualité d'individus les faits susceptibles d'être groupés en espèces et en genres comme les individus, généralement plus compliqués, que classent le Zoologiste et le Botaniste. Il établit que l'élément anatomique en lui-même et indépendamment du tissu dont il fait partie, est un objet légitime de spéculation, absolument comme les cristaux d'Orthose dans un granit. C'est là un point de vue tout à fait propre à Robin et qu'il formule pour la première fois dans ses *Tableaux d'Anatomie*. Et même il donne à cette science un nom, il veut qu'on l'appelle *Elémentologie*, pour la distinguer de l'*Histologie* ou science des tissus.

Les *Tableaux* allant de l'étude totale et générale de l'être vivant à celle de ses dernières parties constituantes, suivent l'odre analytique. Mais l'ordre inverse avons nous dit, se prête tout aussi bien à la recherche, en remontant du simple au composé. Reprenant en ce sens l'Anatomie générale par la base — abstraction faite de l'étude des principes immédiats, qui relèvent plus directement de la chimie — Robin nous la montre, comprenant :

1° L'étude *des éléments anatomiques* auxquels va se rattacher physiologiquement l'idée de propriété élémentaire de la matière organisée;

2° L'étude des tissus auxquels se lie l'idée de *texture* ou arrangement réciproque des éléments, laquelle entraîne avec elle l'idée plus complexe de la réunion ou combinaison des propriétés des éléments divers qui composent ces tissus;

3° L'étude des *systèmes* qui entraînent l'idée de distribution générale des tissus dans l'économie, distribution variable pour chaque tissu et, de plus, dans chaque espèce, suivant la complication des fonctions de l'être envisagé;

4° L'étude des *organes* entraînant l'idée de la disposition spé-

ciale d'un ou plusieurs tissus sous telle ou telle forme, concourant à une action limitée et déterminée;

5° Enfin, celle des *appareils* auxquels on doit rattacher l'idée d'arrangement d'organes divers et des produits qui les accompagnent, les uns par rapport aux autres, dans le but de l'accomplissement d'une fonction déterminée.

« Tel est, ajoute Robin, dont nous ne saurions trop recomman-
« der les paroles à la méditation des biologistes, tel est l'ordre des
« conceptions anatomiques qu'il faut toujours avoir présent à l'es-
« prit, pour se faire une idée nette et exacte de l'organisation et
« des fonctions de chaque être. Tels sont les cinq points de vue
« sous lesquels doivent être de toute nécessité envisagés successi-
« vement tous les végétaux et animaux ; d'abord individuellement
« ou collectivement, suivant toutes les phases du développement,
« depuis leur naissance jusqu'à la mort, ce qui constitue la série
« embryogénique ; et ensuite collectivement, depuis les êtres les
« plus simples jusqu'aux plus compliqués de la grande hiérarchie
« organique. Ce dernier et immense parallèle rationnel institué
« entre tous les termes de la série organique, offrant une longue
« suite de cas variés et pourtant analogues, donne à la méthode
« comparative son plus admirable développement. L'un et l'autre
« de ces modes de comparaison envisagés sagement, en dehors
« d'une précision à la fois trop minutieuse et puérile, se prêtent
« un mutuel appui, se complètent l'un et l'autre; ils ne peuvent
« être suppléés par rien, et ne peuvent être négligés sans que toute
« conception physiologique s'en ressente profondément. »

Voilà donc Robin dès cette époque — il a trente ans — chef d'école. Il établit nettement les principes, il délimite la science, il en montre les faces diverses, que le devoir du véritable anatomiste sera d'aborder successivement. Et il en fait le projet. Il compte sans doute que sa vie suffira à cet immense labeur. Immense, car ici tout est à créer, jusqu'aux méthodes pour certaines des recherches qu'il entrevoit : Stœchiologie, Élémentologie, Hygrologie, Anatomie pathologique, comparative, autant de branches dont aucune ne le laissera indifférent. Déjà il est à l'œuvre, déjà il a beaucoup publié et même fait d'importantes découvertes en histologie. L'année même où paraissait le traité *Du Microscope* il avait découvert dans la mœlle des os deux éléments anatomiques nouveaux, qu'il désigne sous les noms de *médullocelles* et de *myéloplaxes* : il les décrit nettement le premier comme *espèces* d'éléments anatomiques distincts de toutes les autres par leurs caractères à la fois morphologiques et physico-chimiques. Et c'est ainsi qu'il est conduit à leur im-

poser un nom spécifique. C'est en vain qu'on a tenté d'amoindrir cette découverte en supposant aux *médullocelles* une identité (1) qu'elles n'ont d'aucune façon avec les leucocytes du sang, ne fut-ce qu'en raison de leur couleur rouge, et en désignant les myéloplaxes sous le nom vague et déjà appliqué à d'autres éléments fort différents, de « cellules mères » (bien qu'elles ne se segmentent jamais), de « cellules géantes ou gigantesques » (2), nom qui n'entraînait d'ailleurs aucune idée de spécificité pour les auteurs l'ayant employé.

Nous n'avons pas à défendre la mémoire de Robin. Il a produit assez et jeté dans la science assez de faits nouveaux et d'une portée générale, pour que son nom reste inscrit dans l'histoire de la biologie, malgré ceux qui de son vivant ont le plus contesté son mérite. Un antagonisme dont ne voulons pas ici rechercher la source, a empêché des anatomistes français, d'une valeur incontestable, d'adopter ces désignations si profondément légitimes, par lesquelles Robin cherchait à affirmer le caractère positif des recherches histologiques; par lesquelles il essayait d'établir la fixité de l'espèce anatomique, à l'encontre de la bizarre conception de la cellule indifférente, prête à devenir cellule osseuse, épithéliale, leucocyte, absolument comme un ovule qui deviendrait indifféremment oiseau, poisson ou mammifère, suivant certaines conditions. Robin voulait, avec raison, que chaque espèce histologique fut désignée par un nom propre à elle.

Cette opposition aux efforts du savant français, essayant de lutter contre certaines écoles étrangères, n'en était pas moins fâcheuse pour se produire avant les événements qui ont si tristement brisé les liens entre deux nations appelées, semblait-il, à marcher d'un pas égal dans la voie des sciences et de la vérité. Cet antagonisme, chose curieuse, alla même jusqu'à repousser des noms d'éléments proposés par des savants allemands et que Robin s'était empressé d'adopter après en avoir reconnu la juste valeur comme désignation spécifique. C'est ainsi que le nom de *leucocyte* proposé par Gruithuisen, n'a pas été admis plus que celui de médulocelle ou de myéloplaxe, par les anatomistes français dont nous parlons, qui ont toujours préféré à cette désignation le nom de « globules blancs, » ou encore le nom de *cellules embryonnaires*, appliqué ici à des éléments que tous leurs caractères de forme, de structure, le nombre et la disposition de leurs noyaux, leurs réactions chimi-

(1) Ranvier. *Traité technique d'Histologie*, p. 321.

(2) Voy. Ranvier. *Traité technique d'Histologie*, p. 323.

ques, etc., séparent absolument des véritables cellules embryonnaires dérivées de la segmentation des sphères vitellines.

A l'époque de la vie de Robin qui nous occupe, ces mesquines oppositions ne s'étaient point encore fait jour; il leur eut apposé sans doute, comme plus tard, un suprême dédain. Il travaillait, et il pouvait presque répéter ce mot de Geoffroy Saint-Hilaire disséquant les mollusques avec Cuvier, que « chaque matinée apportait une découverte nouvelle ». Il démontre le premier que les cellules ganglionnaires ne sont pas de petits centres nerveux spéciaux, placés sur le trajet des tubes nerveux, sans connexions avec la mœlle et entre eux, comme on le pensait; mais qu'elles sont en continuité de substance avec les conducteurs nerveux, et modifient les actes qui s'opèrent dans les nerfs périphériques. Cette découverte a fixé les anatomistes sur la structure des ganglions; elle est devenue le point de départ de nombreuses recherches physiologiques, qui ont montré que les nerfs ont au-dessus et au-dessous des ganglions, des propriétés différentes en rapport avec fonction propre de ceux-ci (Waller, Schiff, Vulpian, etc.).

Nous ne signalons ici que les découvertes demeurées acquises dans la forme où Robin les annonçait. D'autres ont été des progrès mais non définitifs, et la science moderne a modifié, à leur égard, les opinions du jeune savant de 1849. C'est ainsi que l'étude des spermatozoïdes si avancée, ou plutôt si modifiée qu'elle ait été par Robin, ne doit plus rien ou presque rien à ses travaux. C'était le commencement d'une grande recherche entreprise dans le but de constater si la différence entre les animaux et les végétaux qu'il croyait avoir nettement établie d'autre part d'après certains caractères tirés de leur constitution même (nous reviendrons sur cette opinion de Robin), n'allait pas trouver une nouvelle confirmation dans l'histoire de leur développement. Et comme première question à résoudre, Robin se pose celle de savoir si les éléments anatomiques désignés sous le nom de spermatozoïdes sont où ne sont pas des animaux, et si ces corps fécondateurs ont quelque analogie dans les plantes et le règne animal. Il compare, à ce point de vue, les produits génitaux des Méduses (*Rhizostoma Cuvieri*) et des Algues (*Ulva lactuca*). Il signale au cours de ses recherches un phénomène des plus importants : la segmentation incomplète, mais spontanée, de l'ovule femelle sans fécondation, comme signe de sa maturité. Le fait a été reconnu depuis par De Quatrefages chez les *Hermelles* et les *Unio*. Robin l'avait décrit chez *Nephelis octoculata*, en indiquant les différences de la segmentation selon que l'ovule est ou non fécondé.

III. — Collaboration avec Verdeil. — Le traité de Chimie anatomique et physiologique.

Robin, tout en poursuivant ses recherches d'histologie pure n'en restait pas moins fidèlement attaché aux principes qu'il avait proclamés : la forme est indépendante de la qualité vitale; au delà des éléments anatomiques figurés, il y a cette chimie moléculaire qui est la raison même de toute propriété physique, physiologique et par suite morphologique de la substance organisée; il y a, en un mot, l'état d'organisation résultant de la mise en contact et des réactions réciproques des principes immédiats d'apport, de constitution et de rejet dont sont composées les parties liquides et solides de l'être.

« Vainement, dit avec raison Robin, physiologistes et médecins, « nous chercherions à nous passer de connaître ce qui constitue la « matière dont sont formés les organes que nous étudions à l'état « sain et à l'état morbide, à nous passer de connaître comment et « en quelle proportion ces matériaux sont unis, et surtout quels « sont ceux qui entrent et ceux qui sortent... Que l'on réfléchisse « un instant au caractère des altérations que nous observons dans « les muqueuses et autres tissus; que l'on songe, d'autre part, à la « nature moléculaire des phénomènes de nutrition, et l'on reconnaitra bientôt qu'il n'est pas une parcelle de la substance orga- « nisée, fut-ce même un granule microscopique, dont nous ne de- « vions connaître la composition, au moins approximativement. « Or l'étude seule des principes immédiats peut conduire à ce but... « (*Chimie anatomique*, 1852.) »

Robin proclame donc comme point de départ de toute étude biologique sérieuse, l'histoire des principes immédiats entrant dans la composition des tissus et des humeurs. Il semble toutefois au début, bien qu'il place l'étude des principes immédiats au seuil ou au terme de la biologie, selon la direction suivie, n'avoir point regardé celle-là comme rentrant dans les divisions de l'anatomie. Lui-même le laisse entendre : c'est au cours des recherches histologiques dont nous avons parlé, et dont il s'occupait déjà avec tant d'éclat, qu'il aurait senti l'impossibilité d'achever l'étude des éléments « d'une manière utile à la physiologie normale et pathologique » avec les seules constatations morphologiques, et sans pénétrer la qualité chimique des parties envisagées (1).

Or, c'est à peine si on avait tenu compte, jusque-là, de ces prin-

(1) « Le plan de l'ouvrage n'a été conçu que dans le cours de toutes ces études

cipes dont le conflit est la vie même. Robin, au début, n'a d'abord en vue que ceux qui composent les humeurs. Mais les humeurs non plus n'avaient guère fixé l'attention des anatomistes à cette époque (1849-1853). A la vérité les plus récents traités d'anatomie générale renfermaient l'histoire de la lymphe, du sang et celle du pus. Mais la salive, la bile, le suc pancréatique, le lait, le mucus et beaucoup d'autres liquides normaux ou pathologiques n'étaient décrits que dans certains dictionnaires ou dans les traités de physiologie, à propos des organes qui les secrètent. Robin fait cette remarque topique, que si l'on voulait essayer de construire un être vivant avec tout ce qu'on trouvait de son temps décrit dans les traités d'anatomie, on aurait un corps formé d'un amas de différents organes, muscles, nerfs, épiderme, etc., mais qui ne contiendrait ni l'eau, ni les sels, ni l'albumine des humeurs, etc., ni même la plupart des liquides, tels que ceux qui remplissent habituellement les conduits glandulaires, ceux qui remplissent les vésicules closes des glandes sans conduits excréteurs, et d'autres encore.

Si l'on s'accordait à proclamer l'importance de l'étude des éléments anatomiques, tels que fibres, tubes, cellules, on ne se préoccupait aucunement de leur composition immédiate non plus que de celle des humeurs. A peine trouvait-on dans les livres quelques indications sur cette partie de l'anatomie. Il semblait qu'on en fît l'étude à regret, et le plus brièvement possible, comme un sujet étranger et sans lien avec l'objet même de l'ouvrage. Surtout on omettait de montrer les transformations de ces principes immédiats depuis la forme sous laquelle ils sont introduits dans l'économie, jusqu'à la forme sous laquelle ils en sortent, après avoir passé dans le sang, dans les chairs, après avoir été eux-mêmes un certain temps le corps vivant lui-même. Rien de plus contraire aux idées de Robin qui voit maintenant dans ces études le point de départ de toute notion anatomique sérieuse. Ne vont-elles pas en effet nous conduire à la connaissance aussi approchée que possible de l'état d'organisation ? Cette constitution chimique des éléments et des humeurs ne va-t-elle pas éclairer mieux que toute chose leur histoire physiologique? sans cependant espérer qu'elle l'explique tout entière et que la connaissant, nous n'ayons plus rien à apprendre. C'est pour n'avoir point reconnu cette relation nécessaire, aussi bien qu'en raison des procédés de

« (d'Anatomie générale). C'est en les poursuivant qu'a été reconnue, par expérience, « l'impossibilité de les achever d'une manière utile à la physiologie normale et patho- « logique; impossibilité qui a amené un retour en arrière et l'exécution du présent « traité. » (*Chimie anatomique*, Préface.)

recherche plus spéciaux à employer, que les anatomistes ont laissé les chimistes fonder cette partie de leur science. Et ceux-ci sans se douter même qu'ils étaient sur le domaine de la biologie, ont donné à cette branche de nos connaissances des noms en harmonie avec leurs propres recherches : Statique chimique des êtres organisés, Zoochimie, Chimie physiologique, Microchimie, Chimie microscopique, Chimie pathologique, toutes dénominations ne caractérisant que des parties de l'anatomie ou de la physiologie, qu'il était bien inutile, dit Robin, d'affubler de ces noms, dont la plupart n'avaient et n'ont encore — car on n'a pas cessé de les employer — d'autre raison d'être qu'une ignorance de méthode.

L'anatomie, en effet, va se placer dans l'étude des principes immédiats a un tout autre point de vue que la chimie. Sans avoir à se préoccuper de la composition moléculaire et de l'analyse des principes immédiats, elle doit seulement mettre à profit les enseignements des chimistes pour arriver à une connaissance plus approfondie des éléments et des humeurs dans la composition desquels entrent ces corps. Ainsi comprise, cette étude a le mérite tout particulier d'établir la transition entre la chimie et la biologie dans l'ordre hiérarchique nécessaire des sciences, car elle relie l'organisme vivant au milieu cosmique. Dernier chapitre de la connaissance des corps bruts, c'est en quelque sorte le premier de la connaissance des corps animés : étude préliminaire si l'on veut, mais indispensable pour le biologiste.

Il n'est pas douteux que Robin ait alors conçu cette ambition grandiose de parcourir le cycle entier de l'Anatomie générale tel qu'il en avait tracé le plan dans ses *Tableaux*, en prenant la matière organisée à l'état naissant en quelque sorte, surgissant du monde inorganique. Dans sa pensée première le X[e] tableau, énumérant les principes immédiats, était un peu en dehors de l'anatomie, et voilà que maintenant il se trouve amené lui-même à le développer tout d'abord. Il se met donc à l'œuvre. Le développement des tableaux suivants (IX[e], VIII[e], VII[e]) déjà commencé, est interrompu ; il sera repris plus tard.

Pour mener à bien le grand travail qu'il avait entrepris et qui nécessitait des connaissances chimiques spéciales, Robin unit son savoir à celui de Verdeil. Celui-ci suisse d'origine était venu à Paris après avoir travaillé avec Liebig. Il avait avec Würtz créé rue Garancière, n° 8, un laboratoire qui dura fort peu de temps. Dans le même immeuble, Robin avait son laboratoire de biologie dont nous trouvons l'adresse en tête des *Tableaux* (1). De là sans

(1) Voy. ci-dessus, p. XVIII.

doute ses relations avec Verdeil (1). C'est en 1852 qu'ils font paraître leur traité de *Chimie anatomique et physiologique*, en trois volumes, suivi d'un atlas.

Il ne s'agissait de rien moins que de refaire, au point de vue anatomique, l'histoire de chacun des principes immédiats, tels qu'oxigène, hydrogène, acide carbonique, eau, sels, albumine, fibrine, caséine, créatine, pepsine, urée, etc., qui se trouvent dans l'économie ou en sortent; d'établir la nomenclature de ces principes, leur présence dans les divers tissus ou humeurs, leur abondance relative, leur histoire anatomique en un mot, comme on fait celle d'une fibre du tissu lamineux, ou d'une cellule de la mœlle osseuse.

Robin et Verdeil entreprirent donc de relever dans tous les travaux chimiques publiés jusqu'alors sur les tissus, les humeurs, ce qui avait été dit à propos de chaque gaz, de chaque sel, de chaque composé albuminoïde, etc. Mais malgré l'abondance des matériaux de ce genre, les points de vue variés ou faux auxquels on s'était placé avant eux, les forcent le plus souvent de reprendre par le commencement l'étude des corps qu'ils envisagent; originaux, même où ils ne s'y attendaient pas, ils sont obligés de mettre leur technique en rapport avec le point de vue tout nouveau qu'ils ont choisis. Au lieu de l'emploi des moyens physiques aidés par les moyens chimiques comme accessoires, ce sont les procédés chimiques qui vont devenir ici la source fondamentale d'investigations et les procédés physiques, tel que le microscope, etc..., relégués au second plan, ne seront plus qu'un accessoire, indispensable à la vérité pour la bonne étude des corps envisagés. Robin, en prenant soin d'exposer avec détail toute cette méthode, montre une fois de plus combien il sut toujours donner à la technique, quoi qu'on en ait dit, une attention scrupuleuse, mais en lui assignant toujours son véritable rôle et sa place.

Robin et Verdeil ne perdent jamais de vue que leur tâche est essentiellement biologique, puisqu'elle doit les conduire par la connaissance des principes immédiats dont l'organisme est fonction, à la connaissance du jeu des organes, de la structure intime et des propriétés des tissus. Ils restent, tout en traitant de chimie, anatomistes et zoologistes, médecins même quand il s'agit de produits morbides. C'est ce qui fait de ce livre remarquable un ouvrage différent, inverse en quelque sorte de tous ceux qui avaient

(1) Nous devons ces renseignements à l'obligeance de M. Friedel. Nous pouvons ajouter que Verdeil après avoir délaissé les sciences pour l'industrie, n'y réussit point et finit misérablement.

été publiés jusque-là sous des titres approchants. Aussi a-t-on pu dire des auteurs du traité de *Chimie anatomique* qu'avec des instruments employés de tous, opérant sur des matériaux plus d'une fois remaniés, ils avaient cependant accompli un travail nouveau. De fait l'histoire de l'organisation était poussée pour la première fois au delà de ce que donne le microscope.

Le premier soin de Robin et Verdeil devait être naturellement de chercher à séparer les uns des autres les principes immédiats qui constituent la substance vivante sans les décomposer eux-mêmes. Mais ici ils tombent dans une grave erreur, que nous avons le devoir de relever. Elle était d'ailleurs la conséquence de l'espèce de parallélisme ou Robin tenait les éléments anatomiques composant les tissus par leur juxtaposition, et les principes immédiats composant les humérus par leur juxtaposition également, c'est-à-dire ici leur dissolution réciproque. A ses yeux, l'élément anatomique et le principe immédiat représentent dans une sorte d'égalité le dernier terme, de part et d'autre, de l'analyse anatomique. Il consacre une série de chapitres à cette question; il cherche à démontrer, à l'aide des arguments les plus divers, que le principe immédiat possède une individualité réelle au point de vue biologique. Et tout à cette idée, il ne tient pas compte de l'impossibilité absolue qu'il y a d'étudier à l'état statique (anatomique) la substance vivante qui n'existe comme telle qu'à l'état dynamique. Du moment que s'arrête le mouvement moléculaire particulier dont elle est le siège, la matière organisée perd ce qu'il y a d'essentiel en elle et retombe dans le monde inorganique. Alors même qu'elle conserve encore pendant quelque temps ses attributs physiques, de forme, de structure, etc..., qui nous la font reconnaître comme ayant été vivante, elle n'en a pas moins subi une altération moléculaire irrémédiable. Les principes immédiats obtenus *par analyse anatomique, sans décomposition chimique, par coagulation et cristallisation successives*, sont donc en réalité et contradictoirement à cette définition, des produits de décomposition. Ils ne sont plus dans l'état où ils étaient actifs au sein de la substance organisée. Et nous n'avons même aucun moyen de contrôler ni d'apprécier le degré de changement subi par eux. Le problème est insoluble en raison même de sa nature. La vie est par essence, par définition, un phénomène différentiel; mais outre cette première difficulté, le mélange intime des principes immédiats, leur complication s'opposent à ce que nous puissions étudier les substances envisagées, albumines, substance osseuse, substance du cartilage, etc., par l'apport et le rejet, qui seuls à la rigueur nous

L'atlas représente les formes que prennent les espèces cristallisables pendant leur extraction, lorsqu'on les sépare de celles qui leur étaient unies pour constituer la substance analysée, formes d'autant plus importantes à connaître, qu'il suffit dans nombre de cas de les avoir constatées, pour arriver à la détermination de l'espèce.

IV. — La Société de biologie. — Travaux d'histologie et d'embryogénie. — La Physiqlogie de Béraud. — Le Dictionnaire de Nysten devant le Sénat impérial.

Vers l'époque où Robin, dans une fièvre d'activité vraiment prodigieuse, corrigeait les épreuves de son traité *Du Microscope* et de ses *Tableaux*, préparait avec Verdeil les trois volumes de la *Chimie anatomique*, réalisait d'importantes découvertes en anatomie et en histologie, un groupe de jeunes naturalistes et de jeunes médecins, obéissant à la puissante impulsion de Rayer, avaient fondé la Société de biologie. Celle-ci, après quarante ans d'existence, fonctionne exactement dans les conditions mêmes où elle fut instituée. Le constater est faire le meilleur éloge de ceux qui surent ainsi l'organiser. Dans cette jeune pléiade Robin, considéré déjà comme un maître, fut chargé de rédiger une sorte de programme des recherches dont la nouvelle compagnie devait s'occuper. Dans le discours par lequel il ouvre les travaux de la Société, le 7 juin 1848 (1), il expose que « ses membres ont eu pour but, en étudiant l'anato-« mie et la zoologie, d'élucider le mécanisme des fonctions, et en « étudiant la physiologie, d'arriver à déterminer comment les or-« ganes peuvent s'altérer, et dans quelles limites les actes peuvent « dévier de l'état normal. Mais, ajoute-t-il, pour atteindre ce but, « c'est d'abord la disposition naturelle des choses qu'il faut con-« naître, et si nous appelons à notre aide les cas anormaux, ce n'est « que parce qu'ils peuvent directement ou indirectement nous « éclairer sur l'état normal, en nous servant d'expériences toutes « faites ».

La collection des Comptes rendus et Mémoires de la Société de biologie depuis son origine montrent qu'elle n'a point dévié de la voie qui lui était si nettement tracée. La vitalité puissante qu'elle a conservée tout en se bornant généralement aux spéculations de biologie pure, atteste l'excellence du programme que lui ont donné ses fondateurs. Elle tenait au début ses séances dans les combles

(1) C'est par erreur que ce discours a été imprimé avec la date de 1849.

de l'École pratique (1). C'est là que Robin apportait presque à chaque séance des recherches originales, des vues profondes sur les sujets qui l'avaient occupé avant et pendant sa collaboration avec Verdeil ; c'est là qu'il enregistre dans les années suivantes de nouvelles découvertes anatomiques, car il va revenir avec plus d'ardeur que jamais aux études histologiques proprement dites.

Vers 1854, il établit nettement la distinction entre la prétendue substance conjonctive ou névroglie des centres nerveux et le tissu conjonctif ordinaire dont elle diffère absolument par tous ses caractères physico-chimiques (2), notamment par la manière dont elle se comporte avec les acides minéraux. Il détermine comme éléments spéciaux, qu'il appelle d'abord *myéloblastes* (3) et plus tard *myélocytes*, les éléments cellulaires qu'on y rencontre, regardés jusque-là comme similaires des éléments lamineux et dont Robin proclame nettement la nature nerveuse, les décrivant déjà comme l'état jeune des cellules nerveuses, et pouvant devenir chez l'adulte par leur multiplication l'origine de certaines tumeurs. Cependant c'est à peine si Robin, dans cette voie, fut suivi par un seul observateur (4) en France. Il faut arriver jusqu'à nos jours, après trente ans, pour voir le professeur Renaut, de Lyon, décrivant un gliome développé dans le centre ovale conclure (conformément d'ailleurs à une opinion exprimée par Deiters en 1865) que la névroglie est, comme le soutenait Robin, un tissu essentiellement nerveux, formé d'éléments nerveux (5).

(1) Dans une circonstance récente, M. Berthelot traçait en ces termes l'histoire des origines et des premiers temps de la Société de biologie : « La Société de biologie, « fondée sous l'impulsion de l'esprit positif, est demeurée fidèle à l'esprit profond de « son règlement, rédigé autrefois par Ch. Robin. Elle a été, dès son origine, et elle « est restée un centre puissant d'initiative scientifique, plus vivant et plus libre que « les académies. Elle était peuplée alors de jeunes gens qui s'appelaient : Robin, « Broca, Charcot, Verneuil, Laboulbène, Vulpian, Sappey, Brown-Séquard, Rouget, « P. Lorain et bien d'autres amis que j'oublie, les uns vivants et présents ici, les « autres disparus. Sous la présidence amicale de Rayer, avec la vive sympathie et le « franc abandon de la jeunesse, nous y échangions nos idées, en nous communiquant « les uns aux autres l'élan et l'esprit d'initiative... ». (*Discours de M. Berthelot à l'inauguration de la statue de Claude Bernard. Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, 8 *févr.* 1886.)

(2) Pouchet et Tourneux. *Précis d'Histologie*, p. 303.

(3) « D'après les recherches de M. Robin, les tumeurs décrites sous le nom de *can-* « *cers de la rétine* ne seraient point formées par le tissu cancéreux, mais par les élé- « ments anatomiques énumérés et décrits plus haut, parmi lesquels les *myéloblastes*, « devenus plus abondants qu'à l'état normal, joueraient le principal rôle. » Sichel, *Leçons sur l'Encéphaloïde de la rétine*. (*Moniteur des hôpitaux*, 1854, n° 124, p. 990.)

(4) M. Lancereaux. Voy. *Arch. de Physiologie*, 1869.

(5) Renaut va même encore plus loin, quand il dit : « que la névroglie prend la

La même année (1854) Robin décrit comme élément anatomique spécial le *périnèvre*. L'existence de ces gaînes solides, résistantes, enveloppant les faisceaux de tubes nerveux dans les nerfs périphériques avait depuis longtemps déjà frappé les observateurs. On peut les voir indiquées sur une figure de Leeuwenhœck représentant une section de nerf de cheval. Un élève de Cruveilhier, Bogros, les avait injectées au mercure; cependant les histologistes négligeaient de les signaler et de les décrire. Robin, le premier, montre que ces gaînes sont formées d'une substance distincte par ses réactions qui en font une espèce anatomique, et leur donne le nom sous lequel on doit continuer de les désigner (1). A la vérité, les moyens dont il disposait alors ne lui permettent pas de voir les cellules lamelleuses interposées aux lames concentriques qui enveloppent les faisceaux nerveux, mais il décrit complètement celles-ci et montre en plus que les corpuscules de Pacini ne sont qu'une dépendance de ces lamelles encore épaissies, multipliées au niveau de la terminaison de chaque tube nerveux.

En 1855, Robin démontre que les lignes transversales signalées parfois sur les grosses fibres élastiques des Mammifères ne peuvent être comparées aux stries des faisceaux musculaires; que ce sont simplement des fissures ou excavations transversales étroites.

La comparaison des mêmes éléments anatomiques aux différents stades de la vie était pour Robin une des conditions nécessaires pour arriver à leur complète connaissance. Aussi ne doit-on pas être surpris de voir de bonne heure l'anatomie de l'utérus et de l'embryon fixer son attention. Le premier il fait connaître (1848) la structure intime de la muqueuse utérine, d'une manière comparative pendant et hors l'état de grossesse. Comparant ensuite la texture de la muqueuse du col utérin, dont jusqu'alors on avait négligé l'étude, à celle du corps, dont la caducité normale après chaque grossesse venait d'être démontrée par Coste, il établit que ces deux régions muqueuses diffèrent malgré leur continuité, et

« signification d'une formation réellement nerveuse, bien qu'elle joue un rôle ana-« logue à celui du tissu conjonctif; que l'une quelconque des cellules d'une masse de « névroglie, même prise au sein d'une formation pathologique, peut acquérir à la « fois la forme et les fonctions d'une cellule nerveuse ganglionnaire; qu'elle possède « la névrilité à l'état latent, et dans certaines conditions redevient apte à la déve-« lopper par une simple modification évolutive. » *Note sur le gliome neuroformatif et l'équivalence nerveuse de la névroglie* (*Gaz. méd. de Paris*, 1884).

(1) M. Ranvier a proposé récemment (voy. *Exposé des titres et des travaux scientifiques de M. Ranvier*, 1885) de remplacer ce nom de Périnèvre par celui de « gaîne lamelleuse » sans qu'on voie bien pourquoi abandonner un nom déjà ancien et parfaitement déterminatif.

explique consécutivement comment il se fait que l'une d'elles est caduque, tandis que la seconde ne l'est pas. Dans un autre travail publié à quelques années de là (1857), il établit les analogies de la muqueuse non caduque de l'utérus des Mammifères avec les muqueuses en général, tandis que cette analogie n'existe pas chez la femme. Il fait connaître les modifications remarquables de forme et de structure que subissent les cellules entrant dans la composition des muqueuses au niveau du placenta pendant l'évolution de l'œuf chez divers Mammifères. Il tire de la structure intime de la couche interposée au placenta et aux sinus sanguins une démonstration nouvelle que les matériaux fournis par le sang maternel ne peuvent arriver que médiatement et par dissolution au sang fœtal.

Antérieurement (1853), il avait décrit la constitution anatomique des cotylédons des Ruminants, inconnue à cette époque; montré les éléments qui en composent la partie utérine et leur arrangement réciproque comparativement pendant l'état de vacuité et pendant la durée de la gestation. Il étudie également (1855) les modifications que l'arrivée de l'ovule dans l'utérus imprime à l'épithélium prismatique de la muqueuse du corps, lequel fait place à une couche de cellules pavimenteuses tant chez les animaux domestiques que chez la femme.

Il confirma plus tard (1858) ces données sur un grand nombre de mammifères, en y ajoutant plusieurs indications importantes relatives à l'état de l'utérus, de sa muqueuse au niveau du placenta, et à celui de l'épithélium dans les parties auxquelles cet organe n'est pas adhérent.

Les dépendances de l'œuf ne sont pas de la part de Robin l'objet d'une moindre attention. L'étude qu'il fait et la description qu'il donne (1849) de la substance propre du chorion et de ses villosités, lui permettent de déterminer pour la première fois la nature des vésicules hydatiformes des moles, qu'on croyait jadis nées aux dépens des tissus maternels, et qui ne sont autres qu'une modification spéciale des branches des villosités de tout ou partie du chorion.

Il fait également connaître le premier (1854) la manière dont s'oblitèrent celles des villosités choriales qui ne concourent pas à la formation du placenta, par l'atrophie de leurs capillaires et par l'extension de la couche de tissu lamineux existant entre le chorion et l'amnios; tandis que les villosités placées au niveau des parois utérines, restant vasculaires et augmentant de volume, forment bientôt le gâteau placentaire. Cette oblitération normale sur une

partie du chorion s'étend parfois accidentellement aux villosités du placenta, où elle détermine diverses lésions.

Nous pouvons encore signaler dans cette énumération déjà si longue la première description donnée de la structure des parois de la vésicule ombilicale (1860); des recherches sur la corrélation existant entre le développement des fibres musculaires de l'utérus et les culs-de-sac glandulaires de la mamelle (1850); l'étude de l'épithélium de ces derniers; des recherches (1852) sur la structure du pancréas comparée à celle des glandes salivaires (1852); la description d'une espèce particulière de glandes sudoripares chez l'homme, sécrétant le liquide alcalin odorant du creux de l'aisselle (1845 à 1851); enfin, toute une série de travaux sur la structure des artères et sur leur altération sénile, sur l'absence de *vasa vasorum* dans la tunique interne des veines et des artères, ainsi que dans la tunique musculo-élastique de ces dernières. Il montre comment l'existence de la tunique interne établit (malgré l'endothélium qui la tapisse) une différence capitale dans la structure des parois vasculaires comparée à celle des membranes séreuses; il insiste sur la richesse en fibres musculaire des artères ombilicales.

Avant Robin, tous les anatomistes décrivaient les artères et la veine ombilicale comme devenant après la naissance autant de cordons fibreux convergents vers l'ombilic. Robin montre (1860) qu'après la naissance il se produit une rétraction apparente (défaut de développement proportionnel) des conduits qui aboutissent à l'ombilic (artère, veines, ouraque), et telle que le bout des artères primitivement engagé dans l'ombilic et décrit comme y restant attaché, se voit plus tard sur les côtés de la vessie, vers son sommet, à une distance de l'ombilic qui varie suivant les âges de 5 à 14 centimètres. Aux tuniques adventives des artères et de la veine convergeant vers l'ombilic, succèdent alors autant de groupes de ligaments filamenteux qui suivent d'une manière générale la même direction, mais qui sont bien plus riches en fibres élastiques que la tunique externe des artères et que celle des veines surtout. Ils prennent naissance à la surface des moignons artériels et veineux sous forme de filaments aplatis qui rampent sur ces moignons dans une longueur de 2 à 4 centimètres, puis les dépassent et vont à l'ombilic. Ceux qui correspondent aux artères manquent chez beaucoup de Mammifères, où les vaisseaux rétractés conservent toutefois leurs rapports avec le sommet de la vessie, auquel ils adhèrent ainsi qu'au ligament fibreux qui succède à l'ouraque.

Toutes ces importantes recherches d'anatomie normale n'occu-

pent pas seules Robin. Il étudie en même temps (1854) des productions pathologiques nouvelles qu'il fera bientôt connaître sous le nom de tumeurs hétéradéniques, et il trouve encore le loisir de participer à la rédaction du grand ouvrage de Lebert sur l'anatomie pathologique (1857). Nous aurons à reparler plus loin et longuement, des doctrines pathologiques de Robin. A cette époque, c'est-à-dire vers 1857, il songe toujours à un grand *Traité d'histologie normale et pathologique*, l'ouvrage déjà annoncé en 1849 (1) et qui n'a pas été publié; mais dont plusieurs parties achevées ont ultérieurement paru sous diverses formes.

Ce n'est pas tout. Robin avait pris, vers cette époque également (1853), une part importante à la rédaction d'un traité de physiologie avec ce titre : *Eléments de la physiologie de l'Homme et des principaux Mammifères, par Béraud, revus par Ch. Robin.* Le pauvre Béraud, mort presque aussitôt, semble n'avoir fait de ce livre que la besogne manuelle. A chaque page on y reconnaît l'influence de Robin, ses idées, ses classifications, sa profonde érudition, qui impriment à ces *Eléments*, conçus sur un plan tout nouveau, un véritable cachet d'originalité. De lui sont certainement les lignes suivantes dans la préface de la seconde édition, publiée en 1856 : « Nous ne nous sommes servis de la physique et de la chimie « que comme de puissants instruments pour découvrir les actes « des corps organisés et en déterminer la nature; car les lois de « ces deux sciences ne peuvent expliquer les phénomènes qui « appartiennent en propre aux corps vivants. Aucun traité n'a « plus que le nôtre mis en relief que toute propriété spécialement « inhérente à la substance organisée, reconnaît pour condition « d'existence une ou plusieurs propriétés que celle-ci partage « avec la matière brute ; que, dans toute fonction, il y a d'abord « des phénomènes mécaniques, physiques et chimiques, mais « derrière lesquels se cache quelque chose de spécial à l'être « vivant, qu'il importe de connaître avec autant de certitude que « le reste. Nous ne parlerons pas, comme dans tous les traités « élémentaires les plus récents, de *combustion de la fibrine*, *de* « *l'albumine*, d'*aliments respiratoires*, *combustibles*, *incombustibles* ; « on ne nous verra pas confondre l'*absorption* avec l'*endosmose* qui « la permet. Ce sont là autant d'hypothèses qui florissaient na- « guère et qui se rangent maintenant dans la classe des données « appartenant à l'histoire de la science et non à celle de la réalité ; « ce sont même des erreurs pernicieuses, en face des expériences

(1) Voy. p. XVI.

« directes telles que les fait l'école de M. Cl. Bernard, par « exemple : erreurs dont l'apparente précision n'est qu'un leurre, « une source de déceptions dans la pratique; dont la simplicité « n'est séduisante que parce qu'on prend une supposition, une « création de l'esprit pour un fait démontré, dès l'instant où l'on « ne voit pas que les choses puissent être autrement qu'on les « suppose devoir être. » — Combien est juste et profonde cette dernière pensée et combien applicable à maintes doctrines biologiques de notre temps aussi bien qu'à celles contre lesquelles essayait de réagir Robin!

Enfin, Robin prend une part active, en même temps que Littré, à la refonte de la 11e édition du *Dictionnaire de Nysten* (1858). Tous les articles relatifs à l'anatomie générale nous donnent l'expression même de ses idées ou un résumé de ses recherches. Citons les mots : *Anatomie*, *Appareil*, *Biotaxie*, *Cellule*, *Théorie cellulaire*, *Eléments anatomiques*, *Fibre*, *Fonction*, *Glande*, *Métamorphose*, *Organisme*, *Systèmes organiques*, *Tissu*, *Transformation* et un grand nombre d'autres.

Cette publication, qui eut un immense succès dans le monde médical et même en dehors de lui, devait plus tard exciter contre Robin de violentes colères. Nous les dirons de suite afin de n'y plus revenir. Il faut se reporter à 1866 : Robin est depuis quatre ans déjà professeur titulaire à l'Ecole de médecine; il vient d'entrer à l'Académie des sciences. Le parti catholique, à qui l'Empire avait si bien laissé les coudées franches, se prétendant effrayé de la tournure libérale que prenaient les études dans les facultés de l'État et en particulier à l'École de médecine de Paris, entreprit une campagne furibonde. Un journal prêta à Robin nous ne savons plus quelles déclarations d'un matérialisme inepte (comme celle qu'on attribue souvent à Cabanis sans l'avoir lu), que le professeur d'histologie de la Faculté de médecine aurait faites dans sa dernière leçon d'ouverture.

L'administration impériale, harcelée par les ultramontains, s'émut. Le ministre de l'instruction publique d'alors, M. Duruy, fit appeler Robin à son cabinet. Car les choses, en ce temps-là, étaient telles : le célèbre historien à l'esprit affranchi était bien forcé de se plier aux exigences de la politique qu'il consentait à servir. Mais les deux hommes de science n'eurent pas de peine à s'entendre. Il suffit à Robin de répéter ses paroles et d'en montrer le sens purement physiologique.

Cependant les cléricaux continuaient leur campagne. On avait organisé un vaste pétitionnement au Sénat de l'Empire. Robin y

était un des premiers dénoncés avec Broca, MM. Vulpian, Sée, etc. Le grand grief articulé contre lui était précisément cette participation à la refonte du *Dictionnaire de Nysten* qui corrompait la jeunesse. On n'oubliait pas non plus la fameuse leçon d'ouverture, autour de laquelle tant de bruit avait été déjà fait.

La pétition, presque aussitôt rapportée au Sénat, y trouva l'appui du célèbre cardinal De Bonnechose. Voici en quels termes celui-ci s'exprimait dans la séance du 20 mai 1868 : « Il y a, dans « l'École de médecine, un livre qui est considéré comme le ma« nuel des élèves. Je lisais aujourd'hui même dans un journal que « les élèves, entre eux, l'appellent leur bréviaire. (Hilarité.) « C'est un dictionnaire abrégé de médecine, ouvrage très com« mode, puisqu'on n'a qu'à l'ouvrir pour y trouver tout ce dont « on a besoin. Ce dictionnaire, qui existe depuis de longues an« nées, s'est transformé. Il était primitivement parfaitement spi« ritualiste et chrétien, car il avait eu pour auteur M. Capuron. « Après M. Capuron est venu M. Nysten, qui en a donné une autre « édition, à laquelle il conserva le caractère spiritualiste. Depuis « M. Nysten, MM. Robin et Littré s'en sont emparés et en ont « donné de nouvelles éditions, dans lesquelles ils ont empreint le « cachet de leur doctrine, tout entière matérialiste. M. Robin, vous « le savez probablement, est un élève de Comte, le triste auteur « du Positivisme; M. Littré partage la même doctrine (1). »

Suivait une série de citations tirées des articles incriminés : *Ame*, *Esprit*, *Pensée*, *Idée*, *Conscience*, *Métaphysique*, *Philosophie* théologique, métaphysique et positive, *Homme*, etc. D'ailleurs, M. Robin ne professait-il pas publiquement à la Faculté de médecine un cours de matérialisme? La presse ne s'en était-elle pas émue?

M. Duruy, ayant à présenter la défense du gouvernement, se renseigna près du doyen, l'éminent Würtz et se fit remettre par Robin le texte même de sa leçon d'ouverture (2). Le ministre n'eut

(1) Voy. *Moniteur officiel de l'Empire*, 20 mai 1868, et séances suivantes.

(2) Voici la lettre adressée à cette occasion, à M. Duruy, par Robin :

30 mars 1868.

« Au Ministre de l'Instruction publique.

« J'ai l'honneur de vous adresser une copie de la reproduction des paroles que j'ai prononcées dans ma leçon d'ouverture de novembre 1866, et à l'occasion desquelles j'ai été, à cette époque, appelé à votre cabinet.

« Votre Excellence trouvera dans cette copie ce que je lui ai répété, c'est-à-dire ce que j'avais dit et rédigé peu de jours avant, au lieu de ce qui m'avait été faussement attribué alors et récemment.

« Veuillez agréer, etc. « Ch. Robin,

Prof. à la Faculté de méd., membre de l'Institut.

point de peine à faire justice devant le Sénat de toutes les imputations ineptes dont était victime un des plus hauts représentants de la science française; il n'eut qu'à donner lecture des passages visés, lesquels avaient été travestis — c'est tout ce qui résulta du débat — par un auditeur totalement dépourvu du minimum de connaissances nécessaire pour comprendre le professeur (1).

Mais le parti clérical ne se tint pas pour battu, et on apprit un beau jour avec stupéfaction qu'une commission — comme elles étaient composées sous l'Empire — pour l'établissement du jury, avait rayé Robin de la liste des personnes susceptibles d'y être appelées. A la vérité il y fut rétabli d'office par le gouvernement.

Toute cette aventure, si peu importante dans la vie de travail de Robin, n'en demeure pas moins comme un tableau curieux des mœurs scientifiques du second Empire, et c'est à ce titre que nous lui avons donné place ici.

V. — Création de la chaire d'Histologie. — Le Programme du cours d'histologie. — Les Leçons sur les humeurs. — La technique. — Le Journal d'Anatomie. — Collaboration au Dictionnaire encyclopédique.

Robin était professeur agrégé à la Faculté de médecine depuis 1847. Son temps d'agrégation fut prolongé. Il jouissait de la plus grande notoriété dans le monde médical et dans l'École, mais précisément parce qu'il s'occupait d'anatomie dans une direction nouvelle, aucune chaire ne paraissait devoir s'ouvrir devant lui. Il avait abandonné le laboratoire de la rue Garancière, il faisait maintenant des cours particuliers d'histologie dans une sorte de sous-sol à moitié éclairé, au fond d'une cour de l'ancienne rue Sainte-Hyacinthe Saint-Michel. Un fourneau de chimie, des planches avec des bocaux contenant des pièces pathologiques ou des monstres ; c'était tout l'ameublement. Une table et quelques chaises rangées transformaient le laboratoire en amphithéâtre. Les cours qu'on faisait là ne préparaient point aux examens, cela va sans dire; aussi étaient-ils peu fréquentés des élèves inscrits à l'École en vue de leur diplôme. Les notions qu'on y pouvait puiser étaient une sorte de luxe, recherché surtout des étudiants de passage, des travailleurs. On payait une rétribution fort modeste et l'auteur de ces

(1) L'auteur de tout ce bruit était un certain Machelard, dont le nom est demeuré célèbre dans le monde des Écoles.

lignes se rappelle qu'il était là seul français avec un autre, parmi une vingtaine d'étrangers.

C'est en 1862 que les portes de l'École de médecine s'ouvrent devant Robin, avec la création de la chaire d'histologie. Depuis deux ans on en parlait. Rayer, nous avons dit sous quelles influences, demandait cette création. En 1860, M. Rouland alors ministre de l'Instruction publique, s'était fait présenter par Robin qui était l'homme désigné, un mémoire sur la création d'une chaire d'Anatomie générale appliquée au diagnostic. Robin y montre l'Anatomie générale née en France et passant à l'étranger, d'où elle nous était revenue sous une foule de noms. Il n'oublie pas l'enseignement technique nécessaire, l'emploi des réactifs autant que du microscope. Il montre que ceux-là seuls s'opposent à la création projetée, qui ne possèdent pas les éléments de cette technique spéciale. Finalement il insiste sur l'importance des services que peuvent rendre ces études nouvelles à la médecine proprement dite, en éclairant le diagnostic.

L'affaire traînait toujours, quand des circonstances particulières vinrent en imposer la solution. Au milieu des difficultés administratives où se débattait alors l'École de médecine, le gouvernement impérial songea à investir du décanat M. Rayer, dont la haute situation scientifique et la grande influence comme médecin de l'empereur faisaient beaucoup espérer. Rayer mit à son acceptation une condition, une condition *sine qua non* : c'était la création de la chaire d'Histologie et la nomination de Robin. Les deux décrets parurent en même temps et furent également mal accueillis des étudiants. Robin avait été à diverses reprises l'invité d'une haute personnalité touchant de près au trône impérial et dont les salons étaient alors connus pour s'ouvrir à tous les talents et à toutes les indépendances. Quoique Robin s'y fût montré rarement, on crut, ou plutôt on laissa croire dans le monde intransigeant des étudiants, à une faveur des Tuileries où le nom du savant agrégé de l'École de médecine était à coup sûr ignoré. Une cabale fut montée et les premières leçons du nouveau professeur devinrent l'occasion des manifestations les plus violentes et les plus pénibles pour le savant, pour l'homme privé. Fort de son droit, fort surtout du sentiment des avantages de l'enseignement qu'il inaugurait, il ne faillit point. L'orage passa vite d'ailleurs, et quatre ans après, quand vinrent les persécutions cléricales que nous avons racontées, ce furent des bravos frénétiques et des ovations sans fin.

Le cours de Robin, professé avec bien peu d'art oratoire, était malgré cela d'une grande clarté. Il fut en tout temps très suivi. Au

début, le nouveau titulaire eut pour auditeurs plus d'un de ses collègues de la Société de Biologie, professeurs eux-mêmes à l'École pratique. Pendant une année nous nous trouvions là chaque jour sur le même banc à côté de M. Charcot.

Robin fut toujours difficile aux examens. Il estimait que l'indulgence est un mauvais service rendu à l'étudiant lui-même, à la dignité professionnelle qui en souffre. Il la croyait essentiellement préjudiciable au pays, parce qu'elle a pour conséquence nécessaire l'abaissement du niveau des études et par suite, car tout se tient, du niveau scientifique de la Nation.

Robin ne fut jamais partisan du système d'entraînement qui semble prévaloir en France actuellement. Il était pour la plus grande liberté laissée à l'étudiant sous la seule garantie de l'examen. Il blâma toujours le système des appels, des listes de présence. Il pensait qu'on doit donner à l'élève, dans l'enseignement supérieur, toute latitude de suivre ses aspirations ou plutôt ses inclinations vers tel ou tel genre d'études. On peut se demander si les salles d'exercices pratiques où l'on fait passer pédagogiquement quelques heures par semestre — bien insuffisantes — à chaque élève sur des préparations anatomiques ou microscopiques, sont une innovation vraiment féconde; et si les frais, les soins d'enseignement dispersés sur ces foules ne seraient pas mieux employés à seconder les seuls élèves de bonne volonté qui se présenteraient bien décidés à profiter des avantages qui leur sont offerts. On aurait évidemment une instruction beaucoup plus inégale, mais on verrait peut-être surgir plus d'esprits originaux dans divers ordres d'études, on verrait plus d'élèves se distinguer de bonne heure dans quelque spécialité, au lieu de ce troupeau d'une médiocrité uniforme et qui semble le but même qu'on ait voulu atteindre par l'organisation actuelle. Certes le professeur de faculté — et Robin ne s'en faisait pas faute — a toujours le droit d'interroger un candidat sur le sujet même de son cours tel qu'il le professe et peut exiger des réponses satisfaisantes; mais il ne doit point exiger que l'étudiant y ait assisté de sa personne, parce que l'étudiant avait peut-être un meilleur emploi de ces heures, eu égard aux qualités propres de son esprit, pour se donner une instruction particulière et des connaissances vers lesquelles il se sent attiré, où il marquera peut-être un jour (1).

Robin publia en 1864 le *Programme* de son cours et en 1867 ses

(1) Nous avons été heureux d'entendre M. Van Beneden dans une allocution prononcée par lui lors des fêtes de son jubilé cinquantenaire, à Louvain, exprimer des vues qui se rapprochent singulièrement de celles de Robin que nous exposons ici.

Leçons sur les humeurs normales et morbides du corps de l'homme. Le *Programme du cours d'histologie* n'est qu'une reprise et une extension des *Tableaux d'anatomie*, relatifs à l'étude des humeurs des éléments anatomiques et des tissus. Le procédé didactique est le même : quelques rares développements condensés et, pour le reste, des énumérations. C'est exactement un programme. Et là, Robin applique, comme toujours, avec une rigueur presque violente, les catégorisations auxquelles son esprit profondément épris de logique cherchait à subordonner toutes choses, sans peut-être se rendre un compte suffisant que les réalités objectives ne cadrent pas si bien que cela avec les simplifications qu'imagine notre esprit dans les rapprochements où il les groupe.

L'admiration que nous éprouvons pour le génie scientifique de Robin, l'étendue de ses conceptions, l'importance de ses travaux comparés à ceux des anatomistes qui l'ont attaqué avec le plus d'âpreté, alors qu'eux-mêmes ne comptent à leur actif aucune idée générale, mais seulement des découvertes de détail; cette admiration, disons-nous, ne doit pas nous fermer les yeux sur la faiblesse de quelques-unes des idées auxquelles Robin se montra le plus attaché. S'il en est qui se justifient par l'état de la science au moment de ses plus fortes études, d'autres s'expliquent moins aisément et, comme on le verra, supportent à peine l'examen. On doit s'étonner qu'il ne les ait pas plus vite, plus nettement abandonnées.

Robin, dans sa conception et sa définition de la vie, partait essentiellement du point de vue chimique. Tandis que Schwann et ceux qui le suivent, attribuent une importance trop exclusive à la forme cellulaire, Robin en tient trop peu de compte. Pour, lui la constitution et le renouvellement moléculaires sont tout, et comme il les voit aussi bien dans certaines substances amorphes (substance osseuse, cartilage, etc.) que dans les cellules, il place les unes et les autres sur le même plan et leur reconnaît dans la constitution du corps une importance égale.

Engagé dans cette voie, on conçoit que des difficultés se dressent à chaque pas sur sa route. Aussi le verrons-nous varier jusqu'à la fin sur la définition des éléments anatomiques. Dans le traité *Du Microscope* (IIe partie, p. 100), il donne la suivante : « Des corps
« très petits, ayant tous une composition chimique peu stable et
« très complexe, résultant du mélange ou de la combinaison de
« plusieurs substances définies, appelées principes immédiats, et
« présentant un ensemble de caractères physiques qui, quoique
« très variables de l'un à l'autre, n'appartiennent cependant qu'à
« eux, leur sont tout à fait propres. »

Robin, dès cette époque, insiste sur ce point, qui n'est pas sans

intérêt, que le petit volume des éléments anatomiques se trouve en rapport avec la nécessité des échanges et la pénétration rapide des matériaux d'apport dans la substance organisée. C'est là certes une vue ingénieuse et qui semble tout à fait conforme aux lois connues de la diffusion. Il est certain, malgré le volume variable des éléments anatomiques, que jamais ce volume n'est tel qu'un point actif de la substance de l'élément, soit notablement éloigné de ce qui est *milieu* par rapport à cet élément. Quand celui-ci est appelé, comme l'ovule des Sauropsides, à prendre un volume considérable et tout à fait extraordinaire (1), on remarque que la vie dans cet élément anatomique gigantesque est cantonnée en un point de la surface, les parties profondes n'étant en réalité que matière inerte. Par contre, Robin ne signale nulle part les différences qu'offrent certaines classes d'animaux, même voisines, dans le volume de leurs éléments anatomiques. De dimension relativement grande chez les Sélaciens et les Amphibiens, ils sont au contraire généralement très petits chez les Téléostéens. C'est là une de ces conditions anatomiques profondes, comme celle qui règle la figure des hématies, dont toutes les théories évolutionnistes et les solutions élégantes données de la variation des formes animales, ne nous apportent point la clé.

Robin, en considérant comme élément anatomique les dernières parties homogènes individuellement isolables dans le corps des animaux, était conduit aux plus inextricables confusions. Une granulation de pigment enclavée dans le cytoplasme d'une cellule sera un élément anatomique, aussi bien que la substance continue d'un cartilage ou d'un os, abstraction faite des cellules qu'elle renferme. On ne voit pas non plus, une fois engagé dans cette voie, pourquoi le noyau plongé dans le corps cellulaire ne sera pas considéré comme élément anatomique, et de même un grain d'amidon, surtout un nématocyste, ce dernier en particulier tellement complexe, que nos habitudes d'esprit lui appliquent aussi naturellement que faussement, la dénomination d'organe (2).

Finalement, après plusieurs écarts, Robin semble s'être arrêté à à une division des éléments anatomiques en trois groupes, dont les deux premiers tout au moins ne répondent plus à la définition que donnait le traité *Du Microscope*. Ce sont :

1° Les granulations éparses ;

2° Les matières amorphes plus ou moins liquides, telles que

(1) Vitellus de l'Autruche, de l'Epiornis, etc.

(2) Voy. Pouchet, *Sur l'œil des Péridiniens* (Soc. de Biol. 8 mai 1886) et *Les « produits » en Anatomie générale*, dans *Hommage à M. Chevreul à l'occasion de son centenaire*, p. 68.

les *plasmas* et aussi les *blastèmes* dont nous aurons à parler plus tard;

3° Enfin, les éléments anatomiques figurés, comprenant à la fois : *a*) Des éléments ayant la forme de cellules et de noyaux libres; *b*) Des éléments ayant la forme de fibres; *c*) Des éléments tubuleux; *d*) Des éléments formés de substance amorphe creusée de cavités contenant un liquide, des noyaux ou des cellules.

Des anatomistes à l'étranger — car en France aucun histologiste, en dehors des disciples de Robin, n'a jamais abordé ces questions d'Anatomie générale — n'ont pas manqué de relever le rapprochement inattendu fait entre une cellule épithéliale, par exemple, qui est un individu jouissant d'une sorte de vie propre, très semblable à certains êtres unicellulaires, possédant comme eux de la faculté de se multiplier, et un os ou un cartilage articulaire, abstraction faite des cellules enfermées dans sa masse. En réalité, les parties organiques que Robin désigne sous le nom d'éléments, et spécialement d'éléments figurés, forment deux catégories absolument distinctes. Seuls ceux qui méritent le nom de cellules ont une importance primordiale. Tout ce qui n'est point cellule plus ou moins modifiée, ou expansion de cellule, comme le cylindre-axe, ou résultat de l'union de plusieurs cellules, comme la gaîne de Schwann, etc., est secondaire, n'a aucune existence propre, dépend des éléments cellulaires coexistants dans l'organisme. Sans doute on pourra continuer d'employer cette expression « élément anatomique » pour désigner toute partie intégrante de l'organisme susceptible d'être isolée par dissection ou dissociation : l'enveloppe de la notocorde, la capsule du cristallin, les tubes glandulaires, ou encore une lamelle osseuse nouvellement apparue dans le maxillaire inférieur de l'oiseau, avant qu'elle ait enveloppé aucun ostéoblaste, une jeune écaille de poisson dans les mêmes conditions, etc.; mais cette partie élémentaire, c'est-à-dire ici simplement séparable, n'a rien de commun avec une cellule : ce n'est pas un être jouissant d'une vie véritablement individuelle dans le milieu organique. Cette lame osseuse, cette écaille nous paraissent, il est vrai, posséder un attribut très général des corps vivants, sa forme spécifique et définie; toutefois ici l'histogénèse nous montre que cette forme est essentiellement contingente, dépendant des cellules au contact desquelles la lame, l'écaille se sont développées. Il faut toujours se figurer une cellule comme un corps fini ayant un certain nombre de propriétés immanentes, mais jouissant en plus d'une sorte d'activité rayonnante. Les tissus cartilagineux, osseux, sont à ce point de vue d'excellents exemples. Envisageons une cel-

lule cartilagineuse. Ce serait s'en faire une idée très fausse que de la supposer prisonnière dans sa gangue solide. C'est le contraire qui est vrai. En réalité, la cellule cartilagineuse gouverne la substance qui l'enveloppe, celle-ci livrant à la vérité passage aux matériaux d'entretien qui alimentent celle-là, mais en somme directement subordonnée aux conditions et aux modifications d'existence de la cellule. La substance amorphe du cartilage, dont Robin fait une partie constituante primaire de l'organisme par abstraction des cellules qu'elle renferme, dépend directement de ces cellules qu'elle tient en apparence prisonnières. Ce sont elles qui régissent la substance amorphe, et celle-ci se pliera aux phénomènes vitaux de celles-là, se modifiant à leur contact (coque cartilagineuse), leur faisant place quand elles se développent ou se divisent en familles de cellules isolées, soit par le simple effet de l'âge, soit au voisinage plus immédiat d'un vaisseau capillaire (dans l'ossification dite enchondrale), etc... (1).

On en peut dire autant de la substance interposée aux cellules osseuses, qui constitue la masse solide et continue de l'os. Cette manière de concevoir la nature du cartilage ou d'un os et le rapport de leurs éléments cellulaires avec la substance amorphe n'est, d'ailleurs, nullement incompatible avec la forme définie de l'organe. Par une tendance toute naturelle, c'est dans la substance solide ou demi-solide que nous plaçons la caractéristique morphologique de celui-ci. En réalité elle n'est pas là, mais, comme pour tout autre organe dans l'agencement des éléments cellulaires qui en composent essentiellement le tissu, aussi bien que dans le contact et l'influence des parties environnantes (déformation des os rachitiques par action musculaire, etc.). La forme d'un os est plus stable en raison de la solidité de la substance interposée aux éléments cellulaires, mais ne résulte pas en définitive d'autres con-

(1) C'est dans ce sens seulement qu'il convient de parler de « territoires cellulaires », expression employée pour la première fois par Goodsir (1842-1845) et qui donna depuis lieu à une polémique assez vive, M. Virchow ayant été accusé, bien à tort, d'avoir voulu s'approprier la conclusion du savant anglais (1858. — Voy. sur ce point : Robin, *Anat. cell.*, p. 584 et suiv.) Goodsir entend par territoire cellulaire le territoire qu'il suppose occupé dans l'économie par les cellules descendues d'une cellule-mère originelle et formant autour d'elle comme une famille. A l'état normal, on n'observe rien de tel. Il existe, à la vérité, des familles cellulaires nettement reconnaissables dans le cartilage en particulier, mais elles ont, tout au contraire de ce qu'admettait Goodsir, pour caractère constant, l'égalité des membres qui en font partie. Les cellules *familiales* se sont produites les unes les autres par segmentation, et, entre deux de ces cellules nées d'une cellule primitive, il est toujours impossible de distinguer laquelle représente la génération antécédente. C'est en réalité un fait de multiplication, non de reproduction.

ditions générales que la forme prise par le tissu mou du cordon ombilical ou du corps vitré, ou de la pulpe dentaire.

Robin devait plus tard modifier sensiblement ses idées sur les éléments anatomiques, et il paraît, dans les dernières années, s'être rapproché un peu des vues que nous venons d'exposer (*Nouveau Dictionnaire abrégé de médecine*). Il définit les éléments organiques ou anatomiques : « les plus petites parties d'un organisme remplis« sant individuellement un rôle d'ordre organique ou vital, sépa« rables les unes des autres sans destruction physique ni chimique. » Il distingue les éléments figurés, ayant une configuration propre et spécifique, de ceux qui n'ont d'autre configuration que celle des interstices que les premiers laissent et qu'ils comblent; ces éléments prennent la qualification d'amorphes. De plus, il ajoute : « Les uns des « éléments figurés sont dits cellulaires, et sont les plus importants à « tous les points de vue. Les autres doivent être appelés *non-cellu« laire*, *exocellulaire* ou *eccellulaire*, parce qu'ils naissent postérieu« rement aux précédents à l'aide et aux dépens des principes qu'ils « fournissent. » Mais il retombe dans de nouvelles confusions quand il range parmi ces substances amorphes, intercellulaires, interstitielles ce qu'il appelle les « substances squelettiques d'origine « ectodermiques non cellulaires, telles que l'ivoire, les prismes de « l'émail, les organes chitineux, les coquilles, etc. » L'ivoire n'est qu'une variété de substance osseuse (1); l'émail constitue une catégorie à part, et mérite peut-être seul chez les Vertébrés le nom de formation cuticulaire; enfin, la coquille des Mollusques est aussi bien que le tube des Annélides une simple sécrétion (2).

Si Robin commet ces graves erreurs, d'autre part il retrouve toute sa supériorité dans ce qu'on pourrait appeler l'étude ontologique des éléments, que personne n'a mieux comprise et poussée plus loin que lui. De même il a le premier et fort bien établi en vertu de quelles lois purement physiologiques s'établit la cohésion entre les éléments anatomiques. Il a toujours nié très catégoriquement l'existence des matières cimentaires imaginées pour expliquer cette cohésion, sans qu'on ait remarqué que la difficulté était ainsi seulement reculée et non pas résolue.

Robin croyait à l'existence indépendante de noyaux libres en différents points de l'économie. C'est là sans doute une erreur, bien

(1) Les cellules de la dentine sont en réalité des ostéoplastes, on pourrait dire des ostéoplastes polarisés par le fait ou en raison de la situation limite de la substance osseuse qui naît d'eux.

(2) Voy. sur ce sujet : Pouchet, *Des « produits » en Anatomie générale*, dans *Hommage à M. Chevreul*, 4° Alcan, 1886.

qu'on ne puisse invoquer à l'encontre de cette opinion aucune raison décisive, aucun exemple vraiment démonstratif. Il est probable que *corps cellulaire* et *noyau* sont deux termes essentiellement corrélatifs. On peut à la rigueur trouver des cellules (en dehors des cas d'atrophie normale du noyau) où on ne voit pas trace de celui-ci (1), mais ce sont là sans doute de simples accidents. De même on ne comprend pas très bien l'existence ni le devenir d'un noyau qui ne serait pas plongé au milieu d'un corps cellulaire, lequel peut être à la vérité plus ou moins étendu et nettement circonscrit, ainsi qu'on l'observe dans certaines tumeurs. Quant à de prétendus noyaux libres flottant dans les plasmas, tout porte à croire qu'en réalité ces noyaux sont enveloppés d'un corps cellulaire mais considérablement réduit et peu appréciable par les moyens techniques.

Robin, dans ses classifications histologiques, conserva la distinction en *constituants* et en *produits* appliquée soit aux éléments, soit aux tissus. C'était, comme nous l'avons dit, une idée de De Blainville (2) que Comte avait reprise, idée juste au fond, car en somme elle correspond assez bien à la division embryogénique des trois feuillets du blastoderme. Tel n'est pas toutefois le point de départ de De Blainville. Envisageant l'ensemble du règne animal, il voit que les tissus dont est formé le corps des animaux peuvent se partager en deux groupes distincts. Les uns semblent essentiels, ne manquent jamais et de plus paraissent servir de matrice aux seconds. Chez les animaux supérieurs, ces tissus sont activement parcourus par le sang, ils sont profonds, placés en dehors du contact du milieu ambiant; ainsi le squelette, les muscles, le tissu lamineux, les divers tissus nerveux ou vasculaires sont des *constituants*, et la qualification doit s'étendre aux éléments anatomiques qui les composent. Au contraire, à la surface des tissus constituants, on trouve des parties dont le rôle semble moins essentiel à la vie et qui paraissent en même temps sous la domination des premiers, comme s'ils naissaient et se développaient par eux, à leurs dépens. Ces tissus se rapprochent des véritables secrétions, ne présentent ni nerfs, ni vaisseaux: ce sont les *produits*. Nécessairement De Blainville, en raison de l'état des connaissances (1833) et aussi de sa profonde défiance du microscope, commet ici plus d'une erreur, mais sa division n'en

(1) Voy. Pouchet et Tourneux, *Précis d'Histologie*, p. 8.

(2) Cf. *Cours de Physiologie générale*, 1829, t. I, p. 119, et t. III, p. 1 et suiv. Aug. Comte, *Biologie*, dans *Cours de Phil. posit.*, t. III, p. 500.

demeure pas moins intéressante. D'une manière générale, les tissus qu'il appelle *constituants*, dérivent du feuillet moyen; ses *produits* correspondent à tous les tissus dérivés des feuillets interne et externe et à leurs secrétions. Robin, plus éclairé sur la structure intime de l'organisme, crut cependant devoir reprendre la division établie par De Blainville. Il distingue à son tour les tissus en *produits* et en *constituants* ou *produisants*, parce qu'ils portent en eux la condition de la génération des premiers. Il est bien certain en effet que les tissus profonds nourrissent l'épiderme superficiel, et fournissent la matière des secrétions, mais il n'est pas moins certain d'autre part que les tissus épithéliaux de l'un ou l'autre feuillet superficiels, seuls en contact avec le monde extérieur, peuvent être envisagés avec tout autant et plus de raison comme nourrissant les tissus dérivés du feuillet moyen.

Robin était ainsi tout naturellement conduit à étendre la distinction de constituants et de produits aux éléments anatomiques, et en voulant pousser jusqu'à l'extrême rigueur selon son habitude, une division qui n'est plus en rapport avec les notions précises que nous avons sur l'origine et l'évolution de certains éléments anatomiques, il tombe dans des erreurs qu'il aurait dû, semble-t-il, éviter: c'est ainsi qu'il classe la dentine au nombre des éléments épithéliaux. La vérité est que cette distinction des tissus et des éléments en constituants et en produits n'a plus aujourd'hui qu'une valeur historique. Si l'on tenait à conserver ces termes en Anatomie générale, le premier devrait s'appliquer exclusivement aux cellules et le second à toutes les substances non cellulaires entrant dans la composition de l'organisme ou rejetées par lui (1).

Dans son *Programme du cours d'histologie*, Robin débute par l'étude des éléments, il aborde ensuite l'étude des humeurs et termine par celle des tissus. C'est la seconde partie, l'histoire des humeurs, qu'il va maintenant développer dans un ouvrage magistral, ses *Leçons sur les humeurs*. C'est une suite digne de la *Chimie anatomique*. Après l'étude analytique des principes immédiats que nous donnait ce dernier ouvrage, l'Hygrologie va nous les montrer sous une forme synthétique dans les humeurs qu'ils composent par leur mélange. C'était dans l'esprit de Robin l'ordre logique, comme d'étudier d'abord les éléments anatomiques avant les tissus qu'ils forment par leur juxtaposition ou leur enchevêtrement. Il est d'ailleurs bien évident qu'au point de vue dynamique ou phy-

(1) Voy. Pouchet, *Des « produits » en Anatomie générale*, dans *Hommage à M. Chevreul*. Librairie F. Alcan, 1886.

siologique, la prise en considération du rôle rempli par les humeurs n'est pas moins importante que celle des propriétés des solides, comme facteur essentiel de la rénovation moléculaire à l'intérieur de l'organisme.

L'étude des humeurs fait donc partie de l'anatomie au même titre que celle des tissus : Robin, pour la première fois, l'envisage sous ce jour tout nouveau, et on peut ajouter avec une ampleur remarquable. Il ne compte pas moins de cinquante-quatre espèces d'humeurs dans le corps humain, qu'il décrit minutieusement, les unes pour la première fois, et quant aux autres essayant de remplacer par des analyses précises les indications vagues données avant lui, où les termes *graisse*, *extractifs*, tenaient une si grande place. C'est ainsi que l'histoire du sang, celle de l'urine sont traitées avec des développements et une méthode inconnus jusque-là.

Robin insiste sur les caractères physico-chimiques des diverses humeurs, leur rôle physiologique et leur mode de production, différant de la manière la plus frappante, selon qu'elles se trouvent constituées en proportion à peu près égale par des principes immédiats de chacune des trois classes, comme les plasmas du sang et de la lymphe qu'il appelle *humeurs constituantes;* ou au contraire selon que les principes de la première et de la seconde classe l'emportent, comme dans les *secrétions proprement dites*, le lait faisant à peu près seul exception (1). C'est, comme on voit, un nouveau retour à la division en constituants et en produits que Robin déclare même plus tranchée ici que pour les éléments solides du corps.

Robin, suivant encore Auguste Comte (2), distingue dans les humeurs du corps les *plasmas*, les *secrétions* et les *excrétions*. Et de même qu'il ne savait pas relier l'existence des matières solides telles que le cartilage ou la substance osseuse aux cellules qu'elles enclavent, de même et pour des raisons identiques, il envisage les plasmas, ceux du sang, de la lymphe, etc., comme indépendants des cellules qu'ils baignent, conception évidemment fausse comme le montre d'ailleurs l'embryogénie. Les plasmas sont les seules humeurs offrant des principes immédiats dans les proportions et dans les conditions d'association moléculaire qui caractérisent l'état d'organisation, bien que celui-ci y reste des plus rudimentaires : les plasmas sont donc vivants. Au contraire les humeurs secrétées ne sont pas vivantes, ne sont pas organisées, ce qui d'ailleurs n'est nullement exclusif de la présence d'éléments anatomiques vivants

(1) On peut y joindre comme secrétion albuminoïde chez les animaux, l'albumen de l'œuf.

(2) *Cours de philos. positive*, t. III. 2e édit. 1864, p. 354 et suiv.

dans ces humeurs. Les excrétions se distinguent des secrétions en ce qu'elles ne sont point formées par les organes qui les fournissent, mais prennent naissance dans le sang même ; les organes excréteurs ne jouent donc par rapport à elles que le rôle de filtres.

On a pu reprocher avec quelque raison à Robin de n'avoir pas suivi au jour le jour tous les progrès de la science histologique. On a parlé même d'une sorte d'histologie plus moderne en opposition avec celle qu'il professait, et voulu faire à ce sujet d'un éminent professeur du Collège de France le chef d'une école rivale. Il faut ici bien distinguer d'une part la connaissance que nous cherchons à avoir d'un objet, de l'autre les méthodes que nous employons pour arriver à cette connaissance. Il est des hommes qui excellent dans les deux choses. Leuwenhoeck taillait les lentilles de son microscope comme font encore aujourd'hui MM. Henry frères pour leurs instruments d'astronomie. On ne contestera pas que le perfectionnement de l'instrument est une partie importante de la technique, et nous avons choisi à dessein ces exemples topiques. Mais ce qu'il faut toujours avoir présent à l'esprit, c'est que si la technique aide la science et lui est indispensable, elle n'est pas la science. Robin a maintes fois insisté sur cette distinction capitale et qu'on a obscurcie comme à plaisir.

Il est certain que la technique histologique a fait d'immenses progrès en dehors de Robin. S'il avait eu au début de ses études les procédés mis en usage depuis, il aurait fait dans le domaine anatomique bien d'autres découvertes que celles déjà si nombreuses dont il faut bien faire honneur à sa mémoire. Certainement s'il avait connu la pratique des coupes microscopiques méthodiques quand il a publié avec M. Magitot son travail sur l'évolution des dents, un point essentiel de l'histoire de celles-ci, la genèse de l'organe adamantin aux dépens de l'épithélium buccal ne lui eut pas échappé. Il est positif que les derniers perfectionnements techniques lui firent souvent défaut et on ne peut que louer ceux qui savent les employer tous, aussitôt que découverts. Mais c'est à la condition de ne pas tomber dans l'erreur souvent commise, de prendre la technique pour la science même, et un *microscopiste* pour un anatomiste ou un géologue, selon qu'il perfectionne les procédés d'observation applicables aux plus fines parties des corps organisés ou des roches. De même il ne viendra jamais à la pensée qu'un traité d'analyse chimique soit un traité de chimie et en tienne la place, malgré les mérites qu'il peut avoir.

La facilité, l'élégance de certains procédés ont eu la plus fâcheuse

influence en histologie malgré leur utilité et nous pouvons dire malgré l'absolue nécessité d'y recourir dans certains cas. On a fait de merveilleux appareils pour débiter d'une extrémité à l'autre des animaux, des embryons en coupes auxquelles le grand art est de donner la moindre épaisseur possible, au point que souvent ces coupes n'ont pas le diamètre des cellules qu'elles entaillent et qui par suite se présentent assez mal à l'observation. On peut se demander si cet art consommé a donné des résultats proportionnés aux moyens compliqués et coûteux qu'il met en œuvre, si toutes ces machines qu'on croit aujourd'hui nécessaires dans un laboratoire d'histologie, rendent plus de services que l'ancien microtome tout simple, habilement manié, et si elles ne tomberont pas après un engouement passager dans le même oubli que le micro-spectroscope par exemple, dont, par défaut de méthode scientifique, on avait un moment si fort exagéré les services.

Les coupes microscopiques ont été évidemment un progrès considérable. Mais on a trop souvent perdu de vue les inconvénients qu'elles ont, comme toute méthode d'ailleurs dès qu'elle devient exclusive. Elles ne permettent d'apprécier le plus souvent que des rapports morphologiques; elles sont peu instructives dans beaucoup de cas pour l'étude des éléments en eux-mêmes. Elles ne prennent leur véritable intérêt et ne sont interprétées tout à fait utilement qu'à la condition pour l'observateur d'avoir au préalable la connaissance individuelle des parties sectionnées, cellules, fibres, matières amorphes interposées, etc... C'est ici qu'éclate la supériorité de la méthode de Robin. Il appréciait autant que qui que ce soit ces coupes si profitables pour l'Anatomie générale. Mais il subordonnait l'intérêt très réel qu'elles offrent, aux avantages vraiment fondamentaux d'une détermination exacte, complète, rigoureuse, des propriétés individuelles de chacun des organes ou éléments intéressés par la section. Les coupes en montrent les rapports, mais nous éclairent fort peu sur les caractères propres de chacune de ces parties constituantes. Le maniement facile du microtome, où on voit des garçons de laboratoire exceller, comme d'autres en chimie excellent à conduire une analyse organique, a rejeté au second plan l'art plus délicat, des dissections fines en anatomie comparée, des dissociations en histologie. Et pourtant nul ne le contestera : un élément anatomique ne nous est bien connu que quand nous pouvons l'envisager seul, isolé, se déplaçant sous le microscope et se montrant par ses différents aspects qui permettent d'en définir nettement la forme, d'en apprécier sans erreur tous les détails de structure. Procéder autrement c'est renverser l'ordre mé-

thodique de la recherche, et Robin blâmait énergiquement cette tendance des études anatomiques en France, qui porte les étudiants à couper les tissus, couper les tumeurs, avant d'avoir appris à en reconnaître individuellement les éléments constitutifs.

On doit sans doute attribuer à cette erreur de méthode, à l'importance donnée à la technique aux dépens de la recherche anatomique proprement dite, le peu de progrès réalisés en histologie comparée. On a coupé un nombre infini d'animaux inférieurs, et on a ainsi appris à connaître une multitude de faits intéressant leur morphologie; on a déterminé avec le microscope, sur ces coupes, les relations réciproques des organes les plus délicats. Mais on en a par contre beaucoup trop négligé l'étude histologique proprement dite. A la vérité, elle offre chez les animaux inférieurs des difficultés spéciales qui n'ont été qu'en partie surmontées; et l'intérêt qui s'est attaché à la description des éléments dits musculo-nerveux de l'Hydre d'eau douce, suffirait au besoin à montrer quel champ de découvertes reste encore à explorer de ce côté. Combien de questions demeurées pendantes en Anatomie générale trouveront sans doute leur solution le jour où nous aurons appris à connaître dans leur forme propre comme dans leur évolution les éléments constitutifs des tissus des Invertébrés.

Ceci n'a point échappé à Robin, qui insiste sur la comparaison à faire des éléments anatomiques dans toutes les classes d'animaux. Lui-même a peu exploré ce domaine, mais c'est de sa doctrine, de sa méthode, de ses vues qu'il faudra s'inspirer pour l'aborder utilement. La technique applicable aux Invertébrés de tous les types s'écarte notablement de celle qui réussit généralement pour l'homme et les Vertébrés. A mesure que l'étude histologique s'élargit, il est donc plus difficile de posséder une technique appropriée, parce qu'elle doit se modifier avec chaque sujet envisagé. Sous ce rapport les spécialistes de quelque étude que ce soit, limitée comme celle des bactéries, des tumeurs, auront toujours l'avantage sur les véritables anatomistes dont la recherche embrassant un champ infiniment plus vaste, doit recourir selon les cas à une multitude de procédés divers. La variété même des études de Robin devenait une cause de cette infériorité dans l'emploi des procédés techniques qu'on lui a si souvent reprochée et avec tant d'âpreté.

Mais il lui reste l'incontestable mérite d'avoir insisté plus qu'aucun anatomiste sur l'importance de la description des tissus et des éléments à l'état normal, qui est si généralement négligée; au point que des erreurs se sont glissées dans les ouvrages les plus recommandables, précisément par emploi abusif en quelque sorte

des procédés de conservation, de durcissement, etc..., lesquels ont presque fait perdre de vue les caractères essentiels de l'état cadavérique et plus essentiels encore de l'état vivant. Robin a préconisé plus que personne l'importance des agents chimiques pour distinguer les éléments anatomiques; il recommande même l'emploi de réactifs empruntés directement à l'économie: le suc gastrique comme dissolvant, la bile comme colorant de certains éléments; il aurait pu ajouter l'urine comme véhicule normal, par exemple pour les hématies. Il a, non moins que les autres micrographes anatomistes, marqué avec le plus grand soin « le rôle « des colorants, dissolvants, coagulants, durcissants, antiputrides, « etc.., employés tantôt en vue d'un résultat immédiat, tantôt seu- « lement destinés à rendre possible l'examen microscopique et « même les dissections proprement dites (1) ».

Chaque tissu, dit encore Robin dans son *Programme*, présente une constitution moléculaire spéciale; l'expérience a conduit à découvrir un ou plusieurs agents en rapport avec celle-ci, qui colorent ou dissolvent l'élément, ou le laissent intact, ou le fixent et permettent de rendre évidents les caractères essentiels ou les altérations de quelques-uns, d'en isoler d'autres au milieu de ceux qui les entourent. N'est-ce pas là au fond toute la technique? C'est même plus, car nombre de fautes grossières ont été commises par de prétendus histologistes pour n'avoir par su invoquer certaines réactions fondamentales des éléments à l'état frais. N'a-t-on pas vu confondre les cellules embryonnaires avec les leucocytes dont la réaction par l'eau est absolument caractéristique; n'a-t-on pas pris pour des organes lamineux les anneaux musculaires des lymphatiques de la Raie, dont la nature est attestée par leur résistance à l'acide azotique? Et pour les humeurs, n'a-t-on pas identifié à la lymphe, des liquides comme le liquide céphalo-rachidien ou l'humeur aqueuse, qui en diffèrent presque autant (nous exagérons à dessein) qu'une solution saline diffère d'une solution albumineuse?

Si donc Robin n'a point connu toutes les ressources de la technique moderne en histologie, on ne peut lui reprocher de les avoir dédaignées. Par la nature même des choses, la technique change sans cesse et au jour le jour. On peut dire que le meilleur traité de technique en quelque science que ce soit par ce temps de rapides progrès, n'est plus au courant au moment même où il paraît. Mais il est pour chaque science une méthode de recherches dont on ne devra se départir jamais, et Robin l'a formulée peut-être mieux

(1) *La Biologie*, 1867.

que personne pour l'histologie, surtout en ne cessant d'appeler utilement l'attention sur les réactions chimiques des humeurs et des éléments à l'état frais.

Robin apportait dans la représentation des faits histologiques par le dessin ou la gravure, les mêmes tendances de précision rigoureuse. Il se servait admirablement du crayon, il excellait à rendre l'aspect offert par les éléments anatomiques dans le champ du microscope, et les figures qu'il en a données, demeurent des modèles d'exactitude. Son esprit essentiellement épris de vérité condamnait ces apparences conventionnelles et ces coloris brillants autant qu'inutiles dont on fait aujourd'hui un si étrange abus. S'agit-il de figurer un tissu formé de petites cellules, on se borne à une sorte de dessin géométral qui dispense de représenter dans leur vérité des éléments anatomiques qu'on n'a pas pris soin d'observer et d'étudier individuellement : c'est encore là une conséquence de la pratique habituelle des coupes sans dissociation préalable. De même ces figures richement enluminées qui nous représentent des tissus toujours presque incolores, sont une conséquence des procédés techniques de coloration, employés au détriment de l'étude directe des éléments à l'état vivant ou même cadavérique. Sauf dans les cas où l'on voudra rendre l'aspect des pigments, la couleur appliquée à la représentation histologique est un non sens. L'histologiste met en usage les colorants non pour avoir, comme certains semblent le penser, de jolies préparations séduisantes aux yeux, mais pour distinguer des détails qu'il ne verrait point autrement, comme une pièce d'étoffe sur laquelle sont des dessins à peu près invisibles exécutés à l'aide d'un *mordant*, et qu'on trempe dans un bain de teinture pour faire ressortir ces dessins. Telle est la seule indication de l'emploi des colorants en histologie. Étant donné ce fait que la plupart des éléments soumis aux fixatifs, alcool, bichromates, etc..., possèdent des propriétés optiques très sensiblement uniformes, et par conséquent se laissent mal distinguer dans le champ du microscope, l'anatomiste met en jeu l'affinité élective de certains de ces éléments ou de certaines parties de ces éléments pour tel colorant déterminé, afin de les mieux discerner; mais il n'acquiert cette vue plus distincte qu'en s'éloignant davantage de l'état naturel; tandis que dans les représentations graphiques, son devoir est, au contraire, de serrer la réalité d'aussi près que possible. Pour colorer la substance chromatique d'un noyau nous employons le vert de méthyle, ou certains bleus pour colorer et rendre visibles les bactéries au milieu des tissus, mais le véri-

table état des choses une fois reconnu par ces artifices, il n'est plus besoin en aucune façon ni de vert ni de rouge pour représenter des corps absolument sans couleur et un trait plus fort, un simple procédé de dessin doivent être préférés à des enluminures parfaitement inutiles, qui n'ajoutent rien à la clarté des représentations et semblent uniquement destinées à fixer l'attention des ignorants.

Presque au lendemain de la nomination de Robin à l'École de médecine, paraissait le *Journal de l'anatomie et de la physiologie normales et pathologiques de l'homme et des animaux* publié par MM. Brown-Séquard et Charles Robin (1864). Le *Journal de la physiologie de l'homme et des animaux*, fondé par M. Brown-Séquard en 1858 venait de cesser sa publication. Robin y avait inséré plusieurs mémoires importants. La nouvelle direction résolut d'élargir le cadre du nouveau recueil en donnant une place aussi étendue aux recherches d'anatomie comparée proprement dite et d'anatomie générale qu'à celles de physiologie. Dès le début les matériaux abondent et le *Journal de l'anatomie* publie dans ses premiers fascicules des mémoires de MM. Claude Bernard, Chevreul, Donders, etc... Cependant, avant la fin de la première année, M. Brown-Séquard se retirait, ne voulant pas céder à certaines exigences de l'éditeur, et à partir du V[e] numéro le nom de Robin figura seul sur la couverture. Plus tard, quand il fut nommé sénateur (1876), il nous associa à la direction du recueil dont il avait assuré la durée et que nous nous efforçons de continuer dans le même esprit.

Robin n'a point fait paraître les grands ouvrages généraux sur les *Éléments* et les *Tissus* qu'on semblait en droit d'attendre de lui. A partir de l'époque où nous sommes arrivés, il se consacre presque exclusivement, en dehors des recherches spéciales qu'il ne cessa jamais de poursuivre, à la composition d'articles de dictionnaires. Or, tous ces morceaux, quoique inspirés de la même pensée ne forment point corps. Cette dispersion de son talent fut certainement un malheur; nous avons été privés ainsi des grands traités didactiques qu'on était en droit d'attendre sur les autres parties de l'Anatomie générale, de l'auteur du traité de *Chimie anatomique* et des *Leçons sur les Humeurs*. Ce vaste projet qu'avait certainement caressé Robin au début de sa carrière, d'édifier à lui seul une véritable encyclopédie d'Anatomie générale, il l'abandonne pour jeter son œuvre aux quatre vents de l'alphabet et sans qu'on voie bien les raisons maîtresses qui ont dicté à ce puissant esprit cette abdication. Dès 1868 et 1869, il fait paraître trois

grands articles, *Tissus*, *Epitheliums*, *Sécrétions*, dans la deuxième édition du *Dictionnaire universel d'histoire naturelle* de d'Orbigny. Mais il a surtout travaillé et travaillé jusqu'à sa mort pour le *Dictionnaire encyclopédique* de Dechambre auquel il donna près de cinquante articles dont quelques-uns sont à eux seuls des volumes comprenant plus de 150 pages grand in-8° (articles *Génération*, *Musculaire*, *Organe*, etc.). On y trouve parfois des planches hors texte (articles *Musculaire*, *Leucocyte*), où sont les meilleures figures peut-être qu'on ait jamais faites de certains éléments anatomiques. Parmi ces articles, on doit citer comme un des plus remarquables le mot *Organe*. Mais il est trop certain que souvent ils sont d'une lecture pénible. C'est un entassement de faits et d'exposés de principes dans un ordre trop insuffisant pour que l'esprit s'y reconnaisse et suive l'auteur sans efforts. Robin semble d'ailleurs ne rien laisser échapper de ce qui a été produit avant lui sur les sujets dont il s'occupe. On peut dire que nul ne fut plus au courant du passé et du présent de la science, comme l'attestent ces bibliographies par lesquelles il termine ses articles (1), après s'être borné le plus souvent, au cours de ceux-ci, à faire connaître l'état de la science positive sur chaque objet au moment où il écrit, et parfois à tirer des faits incontestés qu'il produit ou des rigueurs de la méthode scientifique qu'il applique, quelque argument topique à l'adresse de ses adversaires, sans d'ailleurs jamais les nommer.

VI. — Le Traité d'Anatomie et Physiologie cellulaires. — Les cinq propriétés fondamentales de la matière organisée. — L'Irritabilité, discussion avec M. Virchow.

Cependant tout en donnant au *Dictionnaire encyclopédique* cette série d'articles où Robin dépense la matière de plusieurs grands traités didactiques, il éprouve, semble-t-il, la nécessité de condenser dans un livre spécial le fonds même de sa doctrine, ce qui lui appartient en propre dans la manière de comprendre les rapports de l'anatomie générale et de la biologie. Telle fut sans doute l'origine du traité d'*Anatomie et physiologie cellulaires*, paru en 1873. Le titre exact est le suivant: *Anatomie et physiologie cellulaires, ou des cellules animales et végétales, du protoplasma, et des éléments normaux et pathologiques qui en dérivent.* M. Virchow avait publié depuis quinze ans déjà sa *Pathologie cellulaire*. Il était conforme

(1) D'autres de ces bibliographies sont signées de M. L. Hahn qui fut toujours pour Robin un collaborateur précieux.

aux vues et à la méthode constante de Robin de subordonner la pathologie qui est un état anormal à la connaissance de l'état normal. En mettant l'Anatomie et la Physiologie au premier plan, il rétablit l'ordre rationnel des choses, mais en même temps la part dominante qu'il fait ici aux cellules sur les autres éléments anatomiques, est une concession aux idées de celui qui se posait dès cette époque comme son adversaire déterminé.

L'*Anatomie cellulaire* est en réalité un livre de combat; c'est l'œuvre maîtresse de Robin, celle qui résume sa vie scientifique, celle où il expose avec le plus d'ampleur ses doctrines personnelles, son admirable conception de la vie; celle aussi où on retrouve avec le plus de développement, les erreurs capitales auxquelles il s'est laissé entraîner légitimement au début de sa carrière, mais auxquelles il n'a pas su renoncer assez vite dans la suite, quand il n'était plus possible de les justifier d'aucune façon.....

Et à ce propos ceux qui ont connu Robin, qui l'ont fréquenté et aimé, savent pertinemment que, fidèle aux principes de l'école positiviste, nul ne renoncait plus vite à une erreur, du moment qu'on lui démontrait le mal fondé de ses observations ou de son opinion. On a dit, et cela est vrai, au moins en un certain sens, que trop confiné dans son cabinet de travail pendant les dernières années de sa vie, il n'avait pas été assez l'homme du laboratoire. C'est dans le laboratoire, en effet, c'est dans la fréquentation des travailleurs, même les plus modestes, des élèves même peu avancés, qu'on a journellement l'occasion, par ce qu'ils font, de contrôler, de vérifier certaines idées, d'apprécier des détails qui avaient pu échapper, de reconnaître quelquefois, grâce au hasard, des erreurs d'interprétation qu'on avait commises. Nous pourrions citer, à l'époque même où Robin préparait son livre, un échange de correspondance à propos de la paroi qu'il avait longtemps attribuée à toute cellule animale. Nous avions eu l'occasion de suivre et d'étudier longuement les mouvements d'expansion et de retrait des *chromoblastes*, en particulier chez les Crustacés, et nous avions vu les prolongements de ces cellules se rapprocher, se souder par contact absolument comme les pseudopodes des Rhizopodes. Ce fait frappa vivement Robin, il nous demanda de longs éclaircissements, voulut s'assurer que les choses étaient bien ainsi. Il fut convaincu et renonça, en face de la démonstration qui lui était fournie, à une opinion qu'il avait partagée aussi longtemps qu'il l'avait crue fondée. De même dans un de ses derniers travaux, sur les *bois* des Cervidés, publié en collaboration avec M. Herrmann, un de ses élèves les plus méritants, on voit son opinion se modifier sensiblement dans l'importante question de la genèse des éléments anatomiques. . . . . .

Il n'est pas exagéré de dire que la connaissance anatomique des éléments du corps, dont traite l'ouvrage qui nous occupe, est en réalité une introduction nécessaire à toutes les sciences de la vie. En effet, toute l'anthropologie, toute la zoologie, toute la médecine, toute la sociologie même ne se relient-elles pas à ces parties élémentaires dont Robin va nous faire connaître la structure et la vie? « Le médecin, dit-il dès la première page, n'est pas libre « de repousser les inévitables inductions qui le conduisent au sein « des questions sociales par l'hygiène aussi bien qu'au milieu des « problèmes psychologiques les plus élevés par l'étude du délire « durant les fièvres, et des si nombreuses perturbations intellec- « tuelles et morales qui sont une manifestation des lésions in- « times du cerveau et de sa circulation (*Anat. cell.*, p. I). »

L'Homme et de même tout animal parmi les Métazoaires a été au début une cellule ovulaire, l'ovule; c'est elle que Robin étudie tout d'abord. L'ovule, sous sa forme géométrique si simple, celle d'une sphère (il n'y a que peu d'exceptions), est déjà un individu avec toutes les propriétés, toutes les activités qui constituent essentiellement la vie. Sa substance est soumise dès ce moment à cette rénovation continue et spéciale qui est le propre de la matière animée et la caractérise indépendamment de toute qualité morphologique. L'ovule peut demeurer plus ou moins longtemps dans cet état. Toutefois on le voit bientôt manifester en plus de l'acte vital essentiel qui est de se nourrir, des activités surajoutées et d'un ordre nouveau : il va présenter des déformations actives, et il va se partager (segmentation), même, dans certains cas en dehors de tout contact de l'élément mâle. Si celui-ci est intervenu et a mélangé sa substance à celle du vitellus, le partage va continuer. L'être représenté au début par la seule cellule ovulaire va se constituer par un nombre de plus en plus grand de cellules dérivées de la masse primitive du vitellus et par les matières amorphes émanées plus ou moins directement de ces cellules. La forme des organes, l'agencement des appareils, la configuration de l'être entier ne seront que la résultante de la disposition de tous ces éléments. Nous aurons à dire plus tard comment Robin comprenait les lois en vertu desquelles se fait cette disposition. De même les fonctions de l'Être, depuis les plus simples jusqu'aux plus complexes, seront la résultante de l'activité propre à chacun des éléments cellulaires ou autres (sans oublier les humeurs) dont il est composé.

Cette physiologie *élémentaire* — nous employons ce terme à dessein plutôt que *cellulaire* — Robin la traite avec une incomparable

supériorité de vues, supériorité qu'il doit à cette notion toujours présente que l'important, le fondamental dans l'organisme est la fonction moléculaire, bien plus que la structure ou l'agencement morphologiques. « Il faut compter au nombre des plus grands ser-
« vices rendus par la philosophie positive, dit Robin, d'avoir déter-
« miné mieux qu'on ne l'avait fait avant elle, que tout acte d'ordre
« élevé par sa complication et sa délicatesse reconnaît comme con-
« dition d'existence l'association de phénomènes d'ordre inférieur,
« c'est-à-dire que non seulement il n'y a pas d'animation sans matière
« — ce que Cuvier admettait déjà — mais encore que toute pro-
« priété d'ordre vital, tant végétative qu'animale, a pour condition
« d'existence une ou plusieurs des propriétés d'ordre mécanique,
« physique ou chimique que la substance organisée manifeste
« comme la matière brute (*La phil. posit.*, 1869). »

Les éléments anatomiques partageront donc avec les corps bruts toutes les propriétés classées comme physico-chimiques (élasticité, ténacité, coefficient de solubilité pour les gaz et les liquides, etc.); le rôle particulier d'une espèce d'élément dans le corps pourra même être dû à la simple exagération ou prédominance d'une de ces propriétés physiques (élasticité des fibres jaunes, ténacité des fibres tendineuses, etc.). Mais à côté de ces qualités communes aux corps bruts, l'élément anatomique (cellulaire) sera toujours le siège d'un certain nombre de manifestations qui ne peuvent être ramenées par l'analyse à aucune des précédentes. Il jouit des propriétés de se nourrir, de se développer, de se reproduire avec des degrés variables d'énergie et de rapidité, tant à l'état normal qu'à l'état pathologique. Enfin à ces propriétés dites *végétatives*, viennent dans certains éléments anatomiques s'en ajouter d'autres, dites communément *animales*.

Robin compte ainsi cinq propriétés d'ordre organique, biologique ou vital, et les désigne par les noms de: 1° NUTRILITÉ; — 2° ÉVOLUTILITÉ; — 3° NATALITÉ; — 4° CONTRACTILITÉ; — 5° NÉVRILITÉ. Ces noms correspondent à peu près aux termes actifs : 1° nutrition, 2° développement, 3° naissance, 4° contraction et 5° innervation, désignant les phénomènes qui représentent les manifestations de ces propriétés.

L'ordre adopté par Robin s'impose. « On demeure frappé, dit-il,
« de la nécessité de se pénétrer successivement de la nature des
« actes de la vie végétative pour saisir celle des propriétés de la
« vie animale, dont les manifestations multiples sont subordon-
« nées à l'accomplissement des premières. On est bientôt encore
« plus convaincu de la nécessité d'être devenu familier avec les

« phénomènes de contractilité pour arriver à comprendre quoi que « ce soit aux divers modes de l'innervation; de bien connaître les « actes de sensibilité et de motricité pour se rendre compte de la « nature des actions nerveuses cérébrales, envisagées dans les in- « dividus, comme dans leur évolution au sein des groupes sociaux « aux diverses époques de leur évolution historique. Là est le « seul moyen d'éviter les dangereuses illusions qui agitent ceux « qui n'ayant jamais vu ni expérimenté, ne jugent la réalité et les « savants qui en déterminent les lois, qu'en prenant pour point « d'appui ces trompeuses illusions elles-mêmes (*Leçons sur les* « *humeurs*, p. XLV). »

Disons de suite et pour n'y point revenir que la distinction entre certaines propriétés dites *animales* et les propriétés plus générales dites *végétatives* est toute artificielle. Évidemment la névrilité dans le sens que nous attachons aux fonctions du système nerveux, à la conductibilité du cylindre-axe en particulier, ne saurait exister où il n'y a ni nerfs, ni cellules nerveuses; cependant la sensibilité, les mouvements réflexes de certaines impressions, existent avec toute évidence chez les plantes dépourvues de système nerveux. Elles ont des mouvements, elles possèdent donc la *contractilité*, et elles ont jusqu'à un certain degré la *névrilité* par la sensibilité (1).

La mise en jeu des propriétés vitales, ou, en d'autres termes, l'apparition des actes qui en résultent, ne se fait qu'autant que l'élément se trouve dans certaines conditions voulues de milieu et d'*état antérieur* corrélatifs aux actes à produire. Dès que ces conditions se trouvent remplies la manifestation des propriétés de la substance organisée a lieu. C'est dans ce sens, mais dans celui-là seulement, qu'on peut dire que toute cellule est spontanément active. Et Robin montre comment cette spontanéité d'action devient dans les éléments anatomiques spécialement doués de contractilité et de névrilité la source du sentiment de liberté individuelle.

Les propriétés vitales bien plus complexes que celles de la matière brute auxquelles elles se superposent, sont par suite et par cela même bien plus délicates et modifiables. Elles supposent un

(1) C'est surtout en étudiant les êtres unicellulaires les plus simples tels que les *Flagellates* qu'on est conduit à reconnaître combien la prétendue division fonctionnelle des éléments anatomiques est peu fondée. On voit bien vite que c'est par une inclination naturelle de notre esprit que nous attribuons à chaque élément nerveux, musculaire, etc., une fonction propre et que celle-ci n'est en réalité qu'une fonction dominante pouvant exister et existant dans beaucoup de cas à un état plus ou moins latent dans un grand nombre d'autres éléments. Voy. *Sur l'œil des Péridiniens*, *Soc. de biologie*, 8 mai 1886.

état moléculaire spécial, elles apparaissent avec lui, n'existent pas sans lui, disparaissent avec lui. Elles sont immanentes au même titre qu'une propriété quelconque de la matière. Enfin, chacune de ces propriétés peut devenir à son tour la cause déterminante d'une manifestation nouvelle. C'est ainsi que la névrilité devient le point de départ de la contraction du muscle qui n'est elle-même que la manifestation d'une propriété toute différente, inhérente aux fibres musculaires et à un certain nombre d'autres éléments anatomiques (1).

Des cinq propriétés que reconnaît Robin aux corps vivants, une d'elles est fondamentale, universelle, est la condition nécessaire des autres et l'expression même de la vie : la *nutrilité*. La nutrition est la fonction moléculaire même qui résulte de l'état d'organisation, elle se confond avec lui. Il n'y a pas vie sans nutrition, ni par conséquent aucun des actes plus complexes que comporte celle-là, depuis la simple croissance de l'élément anatomique jusqu'aux fonctions sociales de l'espèce. Dès que les combinaisons et décompositions nutritives viennent à cesser dans la matière organisée et que le mouvement moléculaire modifié tend à un autre mode d'oxygénation (putréfaction, etc.), c'est la mort. La nutrilité reste donc en définitive la caractéristique essentielle de la vie; toute substance qui se nourrit est vivante, toute substance vivante se nourrit sans suspension possible, mais avec des accélérations, des ralentissements, des modalités diverses. La nutrilité ne suppose rien en deçà, que la constitution moléculaire voulue pour que cette propriété fondamentale se manifeste. C'est en vain qu'au-dessus des cinq propriétés vitales énumérées plus haut on voudrait faire intervenir une propriété plus générale des corps vivants et dont les autres découleraient.

Ceci vise directement M. Virchow et sa théorie de l'*irritabilité* qui fut entre les deux anatomistes l'objet d'une polémique des plus vives, tout au moins de la part de M. Virchow, car Robin déclara toujours qu'il regardait comme inutile d'aborder de tels sujets sous forme de discussions personnelles « d'autant plus, ajoute-il (*Anat.* « *cell.*, p. 614), que quoiqu'on fasse, celles-ci laissent toujours au « second plan le côté vraiment scientifique des choses. » Nous reviendrons plus loin sur l'origine de ce grave conflit; rappelons seulement ici que Robin tout pénétré de l'importance de l'état d'organisation dont jouissent à un certain degré même les plasmas, considère

(1) Ainsi les chromoblastes, dont le système nerveux règle l'expansion ou le retrait; ainsi les cellules vibratiles des tentacules des Sabelles, soumises également aux influences nerveuses.

l'être vivant comme un tout indissoluble en ses parties. Pour lui l'individualité de l'ensemble absorbe complètement les individualités isolées des éléments anatomiques figurés ou amorphes, cellulaires ou non cellulaires, composant nos tissus. Tous ces éléments lui apparaissent comme une sorte de substratum presque passif soumis sans réserve à la domination de l'appareil circulatoire et de l'appareil nerveux. Pour M. Virchow, au contraire, les matières amorphes ne sont que des dérivés des cellules et dépendent de ces dernières aussi bien pour leur formation que pour leur nutrition. Les cellules représentent seules l'élément actif et *irritable* par excellence. De même la plupart des phénomènes pathologiques reconnaissent pour cause une *irritation* qui vient modifier les cellules dans leur nutrition ou leur fonctionnement, ou encore les inciter à la reproduction (irritation nutritive, fonctionnelle, formative).

On peut dire que Robin n'apprécie pas à sa valeur l'individualité physiologique de la cellule, qu'il exalte l'unité de l'organisme au détriment des éléments anatomiques qui le composent. M. Virchow, au contraire, lancé dans une voie nouvelle, était peut-être porté à donner à la cellule une part d'autonomie trop grande et la considérerait peut-être comme trop indépendante de l'ensemble de l'économie. Sans doute il y a exagération des deux côtés, et lorsqu'on cherche à serrer la question de près on s'aperçoit qu'il est bien difficile de comprendre à cet égard, dans une formule commune, tous les cas observés.

Ce sont les mots *irritable*, *irritabilité*, *irritation*, qui servirent de plateforme aux deux champions. Et il faut bien convenir que comme il arrive souvent, le désaccord a été bien plus dans le langage que dans le fond des choses. Robin n'accepte aucune extension de ces termes en dehors des phénomènes qu'ils servent communément à désigner et qui supposent la mise en jeu d'un système nerveux muni d'un centre tout à la fois perceptif et réagissant : un animal peut être irritable, on n'irrite point des parties vivantes douées exclusivement de propriétés végétatives, ou du moins le mot ne peut être employé ici qu'au sens figuré, c'est-à-dire sans portée scientifique véritable. Ainsi pensait Robin.

Quelle était exactement la doctrine de M. Virchow sur l'irritabilité? Lui-même paraît avoir quelque peu varié à cet égard sous la pression des arguments que lui opposait son adversaire dont malheureusement les talents d'exposition par la parole ou par la plume étaient loin d'égaler ceux du lutteur allemand. D'une manière générale, M. Virchow semble admettre qu'au-dessus des propriétés qu'a la matière organisée de se nourrir, de se modeler, de

s'altérer même, existe une propriété plus générale, l'*irritabilité* qui serait comme la condition de la mise en jeu des autres. Nous citons textuellement : « ce n'est pas, dit M. Virchow, la nutrition qui est « permanente, c'est la possibilité de la nutrition, autant que per« siste la vie. Par l'action des irritants, la vie de possible devient « réelle ; en d'autres termes, les irritants provoquent la manifesta« tion de la propriété... J'ai désigné par le mot usuel « irritabilité » « la propriété des corps vivants qui les rend susceptibles de passer « à l'état d'activité sous l'influence des agents extérieurs (1). »

Robin fait remarquer qu'en se tenant à cette définition on va pouvoir, comme cela d'ailleurs a été fait, confondre sous le nom commun d'irritants ou d'excitants :

1° Les milieux tant extérieurs qu'intérieurs ;

2° Les principes immédiats normaux ou accidentels qui sont en jeu dans la nutrition et par suite le développement ;

3° Les conditions physiques et chimiques qui amènent des manifestations de la névrilité sensitive et de la contractilité ;

4° La névrilité motrice transmise par les nerfs (2).

D'après M. Virchow, tant que l'irritant qui doit provoquer et peut seul provoquer l'activité de la substance organisée, n'est point intervenu, celle-ci est dans une espèce de repos ou d'inertie que l'éminent anatomiste cherche à nous faire comprendre par l'exemple des animaux ressuscitants. Au sec, la vie sommeille en eux. L'eau sera ici l'irritant qui va remettre la nutrition en jeu dans les tissus et redonner par suite leur cours à tous les autres phénomènes vitaux. Mais tout au moins faudrait-il démontrer que la vie est véritablement suspendue et non simplement ralentie pendant les périodes de mort apparente, et que l'être au sec devient une sorte de corps inerte d'une durée indéfinie. Or, tout semble indiquer que cela n'est pas (3), que le mouvement moléculaire pour être considérablement atténué n'en persiste pas moins et que l'animal, dans les conditions de dessiccation relative où il est placé, n'en marche pas moins à sa terminaison fatale, à la mort. Et s'il en est ainsi, que deviennent l'irritabilité, les irritants nécessaires pour remettre en jeu une activité qui n'a jamais été complètement abolie mais qui est simplement variable — comme toute fonction organique — entre des limites un peu plus étendues peut-être ici qu'ailleurs ?

(1) Virchow, *Sur l'irritation*, *Gaz. hebd.*, 1868, t. V, p. 536. — Voy. Robin, *Anat. cell.*, p. 615.

(2) *Anat. cellulaire*, p. 617.

(3) Voy. Pennetier. *Comptes rendus*, 26 juillet 1886.

Robin crut voir dans cette subordination des activités de la substance vivante à une propriété universelle qui les dominerait, un simple retour aux anciennes idées de Broussais, de Brown, de Sthal, déguisées sous une terminologie nouvelle. Au nom des principes philosophiques qu'il professe, il combat avec la dernière énergie ce qui lui apparaît dès lors comme une superfétation métaphysique dont la science positive n'a que faire. M. Virchow de son côté se défendit vivement d'avoir admis sous ce nom d'*irritabilité* une propriété générale de la matière vivante (1). « Je me suis attaché, dit-il, à montrer que par ces deux termes, « *irritation* et *irritabilité*, on doit entendre certaines activités des « corps vivants; que le premier désigne les processus actifs pro- « voqués par les irritants, le second les propriétés actives dont « les irritants sollicitent les manifestations; j'ai établi enfin que « ces activités sont de trois espèces bien distinctes, suivant que « l'acte qui en résulte est un acte de nutrition, un acte de forma- « tion ou un acte purement fonctionnel. Je me suis donc bien « gardé de présenter l'irritabilité comme une et simple, d'assigner « une même cause à tous les phénomènes d'irritabilité. Au con- « traire, j'ai cherché à prouver que dans les corps vivants isolés « ou les éléments (cellules), non seulement il y a diverses espèces « d'irritabilité, mais que dans un même élément ce sont vraisem- « blablement des parties différentes qui en sont le substratum. »

Robin relevant ce passage, fait remarquer à son tour que le seul fait de reconnaître « trois espèces » d'irritabilités, implique nécessairement la notion de genre. Admettre une irritabilité nutritive, une irritabilité évolutive et une irritabilité fonctionnelle pour chaque élément, n'est-ce pas admettre, dit Robin, que l'irritabilité est commune à tous les êtres vivants depuis le végétal jusqu'à l'homme et à toutes leurs parties constituantes? Dire que la matière organique est irritable ou en d'autres termes, que l'influence de certains agents désignés comme *excitants*, *irritants* ou *stimulants*, est nécessaire pour la faire entrer en action et manifester ses propriétés spéciales, se peut dire également de tous les corps de la Nature. Et quand des acides, l'électricité agissant sur les éléments anatomiques, provoquent la mise en jeu de telle ou telle de leurs propriétés, ces agents ne méritent pas le nom d'*excitants* à plus juste titre que ne le mérite l'eau déterminant la manifestation de l'oxidabilité du fer où la lumière déterminant la combinaison d'un mélange d'hydrogène et de chlore. Dira-t-on que

(1) Voy. *Archiv. fur pathol. Anat.*, 1858, vol. XIV.

la lumière est ici l'*irritant* nécessaire à l'entrée en jeu des propriétés d'affinité des deux gaz en présence? Il est bien évident que tous les corps bruts sans exception ne manifestent leurs propriétés particulières qu'autant qu'ils sont mis en relation médiate ou immédiate avec quelque autre corps; ou que tel autre corps avec lequel ils sont en relation, va prendre des qualités dynamiques qu'il n'avait pas jusque-là. Sous ce rapport la substance organisée ne fait point exception et M. Virchow sembla le reconnaître lui-même, en rappelant avoir dit, dès 1858, que « les activités de la cellule ne « dépendent que de la matière qui la constitue et des influences agis« santes qui lui viennent du dehors. » Mais ici encore Robin fait remarquer combien il est illogique de donner le nom d'*irritants* aux conditions normales d'existence et d'activité d'un organisme ou de ses parties constituantes, sans compter que l'irritabilité réduite à ces termes ne doit plus rien à M. Virchow, car il n'aurait fait alors que reprendre sous un nom détourné de sa signification commune, et tout à fait impropre, des données depuis longtemps familières aux savants français tels que De Blainville et William Edwards, puisque la question posée en ces termes nous ramène simplement aux considérations de milieu et d'état antérieur. Pour l'élément anatomique comme pour tous les corps sans exception, la manifestation des divers modes d'activité qui les escortent en tout et partout, est nécessairement une question de relations réciproques. Le maintien de l'état d'organisation résultant du maintien de l'élément lui-même dans le milieu convenable, suffira donc d'après Robin à la manifestation de la nutrilité tout d'abord et par suite, de l'évolutilité, de la contractilité et de la névrilité. Pour M. Virchow la proposition doit être formulée à l'inverse. Ce n'est plus la nutrition qui est la condition de la vie, « il faut qu'il y ait vie pour qu'il y ait nutrition » et le reste. Ces termes ne seraient à la rigueur acceptables qu'en supposant, dans le langage dont se sert l'illustre anatomiste allemand, une sorte de confusion, entendant par « vie » ce que Robin appelle « organisation », comme on dit, d'une manière tout aussi impropre, « corps vivants » pour « corps organisés » (1).

(1) Nous n'insistons pas sur une opinion professée alors par M. Virchow et tout à fait inacceptable, quand il admettait la possibilité d'une « restitution fonctionnelle » indépendante d'une réparation nutritive (*Sur l'irritation*. Gaz. hebd. Paris, 1868, p. 535). Nous n'avons pas besoin de dire que pour Robin rien de tel ne pouvait exister du moment que la nutrition est par excellence la condition essentielle et primordiale de toutes les autres manifestations de la vie. M. Virchow s'appuyait sur la réapparition de la conductibilité nerveuse au bout d'un certain temps dans un tronçon de nerf

En résumé pour Robin les cinq propriétés élémentaires qu'il distingue, y compris leurs modes et leurs variations, sont les seules qui caractérisent dynamiquement la substance organisée. Tous les efforts demeurent vains pour y découvrir aucune propriété plus générale que la nutrition. Au delà le terrain se dérobe à la recherche physiologique. En dehors de ces cinq propriétés élémentaires, il n'y a rien, absolument rien. Si la discussion avec M. Virchow, malgré son âpreté, ne fut peut-être qu'une question de mots, on devra toujours redouter de voir des conceptions comme celle de l'irritabilité reprises par des esprits moins philosophiques. Car rien n'est plus dangereux en somme, fait remarquer Robin, que de vouloir illusoirement faire régir les actes vitaux par une sorte de principe métaphysique qui ne ferait en définitive que remplacer le *principe vital* des vitalistes purs ou l'âme immatérielle de Stahl et des animistes. Il est vrai qu'en substituant cette entité commode à la notion des conditions d'existence et d'activité de la matière organisée, on évite l'obligation d'une analyse catégorique des particularités de texture, d'échange moléculaire, etc... C'est ainsi que certaines personnes en sont arrivées dans cette voie facile à l'irritation suppurative, hyperplastique, inflammatoire, etc., autant de non-sens basés sur une hypothèse absolument inutile dans l'état présent des connaissances. On pourrait appliquer à l'irritabilité, relativement aux propriétés végétatives et animales constatées par la science positive et seuls objets légitimes de ses spéculations, exactement le même raisonnement que faisait autrefois Broussais au sujet de la sensibilité de la fibre musculaire : « Lorsque la fibre, « pour avoir été touchée par un agent quelconque, se met en état « de contraction, on juge qu'elle a senti la présence de cet agent; « de là l'expression de *sensibilité*. On a donc attribué à la fibre vi« vante la *sensibilité* et la *contractilité*. Mais si le véritable sens de « ces deux mots se réduit à ce qui suit : La fibre s'est contractée « parce qu'une cause l'y a déterminée, il est clair que la première « de ces deux propriétés rentre nécessairement dans la dernière. « En effet si la sensibilité de la fibre n'est démontrée que par sa « contraction, dire qu'elle est sensible, c'est dire qu'elle s'est con« tractée. Je ne vois aucune réponse à cet argument. Il y a long« temps que cette vérité a été sentie. » (Broussais. *Traité de physiologie appliquée à la pathologie*. Paris, 1834. 2e édit., t. I, p. 18.)

isolé. Il faut évidemment admettre dans ce cas que le cylindre axe qui recouvre ses propriétés conductrices, a trouvé dans les tissus environnants les matériaux d'une réparation nutritive qui le met en état de manifester de nouveau celles-là.

VIII. — Les cinq propriétés fondamentales de la matière organisée (suite). — Théorie de la Genèse.

Reprenant dans leur ordre les cinq propriétés fondamentales de la matière organisée que reconnait Robin, il nous reste peu à dire de la *nutrilité*, après les développements qui précèdent. Notons toutefois que le mouvement moléculaire par lequel se traduit cette propriété, étant le substratum de tous les états organiques comme de tous les actes physiologiques, il ne devra jamais être perdu de vue dans l'étude des uns et des autres. On pourrait vraiment dire que c'est là le nœud de toute la doctrine de Robin. C'est en cela, croyons-nous, que son influence ne cessera de grandir à mesure que les biologistes se seront mieux pénétrés de l'idée maîtresse qui l'a inspiré dans ses travaux les plus divers. En pathologie comme en anatomie normale, son grand mérite sera d'avoir proclamé qu'en somme la morphologie est une condition secondaire et dépendante de ces phénomènes intimes dont la connaissance reste encore cachée, inabordable à nos moyens actuels d'investigation, mais demeure comme le but vers lequel doivent tendre tous nos efforts, parce que de là seulement on peut attendre quelque lumière sur la nature des autres phénomènes vitaux dont le mouvement nutritif est l'origine et le principe. Il est bien clair, par exemple, que le rôle des substances toxiques ou médicamenteuses présentera déjà moins d'obscurités le jour où nous serons à même d'en déterminer la présence et les réactions directes dans les divers éléments anatomiques.

La nutrition, comme tous les actes qui se passent dans la substance organisée, offre ce qu'on peut appeler une *constante* et des *variables*. De celles-ci résultent les perturbations tantôt perceptibles à nos sens (changements dans les propriétés physiques), tantôt d'une nature beaucoup plus intime et que nous ne pouvons pas constater sans une étude délicate et des moyens détournés (1). On n'oubliera pas qu'en anatomie plus encore qu'en chimie, au delà des états de la matière apercevables à l'œil nu ou au microscope, peuvent se produire des états moléculaires particuliers, échappant à nos procédés de recherche et cependant très différents de l'état normal. C'est le cas d'un grand nombre de lésions pathologiques sans trouble matériel appréciable, mais où une chimie biologique suffisamment avancée révélerait à n'en pas douter un état moléculaire anormal.

(1) *Anat. cell.*, p. 508.

Après la nutrition, les propriétés les plus générales à étudier dans la substance organisée sont — en nous reportant à l'énumération de Robin, — l'*évolutilité* et la *natalité*, c'est-à-dire la propriété de naître et celle de se développer, si intimement unies l'une et l'autre à la nutrition, qu'on ne saurait les étudier indépendamment de celle-ci, et que si nous connaissions complètement celle-ci, elle nous donnerait évidemment la notion entière et juste de celles-là. Dans la double étude que fait Robin de l'évolutilité et de la natalité, la grave erreur anatomique où il était tombé en ne faisant point la distinction fondamentale entre les éléments cellulaires et les éléments non-cellulaires apporte une certaine confusion. On sait aujourd'hui que les « éléments non cellulaires » tout d'abord n'existent point dans l'être. C'est seulement plus tard que certaines catégories de cellules s'écartant les unes des autres, laissent se déposer dans les espaces ainsi devenus libres, des matières amorphes plus ou moins denses, soumises comme nous l'avons dit, à la vitalité des cellules qu'elles limitent partiellement ou qu'elles enveloppent. Ces matières amorphes sont dans une mesure encore fort mal déterminée, le siège d'un mouvement moléculaire nutritif. Elles jouissent en réalité de toutes les propriétés végétatives. Non seulement elles sont apparues à un moment donné (natalité), et se sont accrues à mesure qu'a grandi l'organe (évolutilité), mais elles peuvent encore avec l'âge présenter des phénomènes de vieillesse corrélatifs de modalités nouvelles (appréciables ou non par le microscope) dans les cellules dont dépendent ces substances amorphes. Elles présentent en somme une évolution morphologique et une évolution moléculaire comparables de tous points à celles des éléments cellulaires et seulement plus simples.

L'origine seule diffère, mais la différence est capitale; le mode d'apparition, d'individualisation en vertu duquel une cellule qui n'existait pas l'instant d'avant, va se montrer à un moment donné, peut varier, mais n'a en tout cas rien de commun avec l'apparition des substances extracellulaires quelles qu'elles soient; on peut au contraire toujours rapprocher le mode d'apparition d'une cellule, de celui d'un animal ou d'un végétal. Cette différence, Robin ne l'admet pas, et c'est ici qu'il tombe dans la plus grave erreur de sa vie scientifique, avec sa *théorie de la Genèse*. Il l'adopte dans ses premiers travaux, l'empruntant, sans en avoir peut-être conscience, à l'Allemagne; il la reproduit à peine modifiée dans son *Anatomie cellulaire*, et jusqu'au dernier jour il ne l'a jamais explicitement répudiée.

Avant de passer à l'examen des faits qui ont pu contribuer à l'in-

duire en erreur, il n'est pas sans intérêt de résumer l'état actuel des connaissances sur ce sujet. On admet aujourd'hui la continuité substantielle de tous les êtres vivants ayant peuplé le globe, aussi bien que de tous les éléments cellulaires qui composent le corps d'un métazoaire. On doit, par la pensée, se représenter l'universalité des êtres vivants, plantes et animaux, dans le présent et dans le passé en remontant jusqu'à un premier être unicellulaire hypothétique, comme formant une masse continue de matière vivante, dont les parties successivement se détachent pour former les individus. C'est ce fait de se détacher de la souche qui constitue l'*individualisation*. De même nous devons nous figurer, mais non plus imaginativement, tous les éléments cellulaires du corps remontant par continuité de substance à la sphère vitelline avant sa segmentation. Cette conception appartient à Reichert. Il montra, en 1850, que toutes les cellules formant les premiers linéaments de l'embryon (cellules embryonnaires) proviennent directement des sphères de segmentation du vitellus, et que ces cellules à leur tour donnent naissance, par segmentation continue, à toutes celles qu'on trouve chez l'adulte avec ou sans interposition de matières amorphes, avec ou sans adjonction de matière les transformant en fibres, etc... Ces vues furent aussitôt adoptées par MM. Kœlliker, Remack, Virchow. En ce qui concerne spécialement l'homme, nous croyons avoir, pour la première fois, dans notre *Précis d'histologie et d'histogénie* (1), donné le tableau complet et à peu près définitif de cette descendance des éléments cellulaires du corps humain, aboutissant par multiplication et différenciation progressives à toutes les espèces d'éléments cellulaires de l'adulte.

Le bourgeonnement diffère il est vrai, au moins en apparence, du procédé de multiplication par scissiparité, le plus répandu de beaucoup chez les animaux supérieurs. Toutefois l'écart est moins profond qu'il semble au premier abord, et peut-être est-il à regretter que l'attention des anatomistes ne se soit pas portée davantage sur ce point depuis qu'on possède les moyens techniques permettant d'étudier les phénomènes dynamiques intimes des cellules en segmentation normale. Le bourgeonnement d'une cellule n'est d'abord qu'une sorte d'accroissement local du cytoplasme — comparable à l'accroissement général qui ordinairement précède la segmentation — jusqu'à l'instant où un rudiment du noyau a pénétré (ou s'est formé?) dans le bourgeon : on sait que les choses se passent ainsi dans la production du globule polaire. Nous sommes dès lors ra-

(1) En collaboration avec M. Tourneux.

menés au cas d'une segmentation simplement inégale. De même la multiplication des cellules végétales par cloisonnement n'est qu'un autre cas particulier de la segmentation ; il suffit de considérer la cloison cellulosique, produit du cytoplasme, comme déposée dans le sillon qui étrangle celui-ci, absolument comme dans le cartilage les cellules après s'être segmentées s'écartent en produisant entre elles une cloison de matière amorphe.

Telle est la doctrine actuelle sur la multiplication animale ou cellulaire. L'être nouveau qui va surgir, a d'abord fait partie d'un être de même ordre préexistant et aux dépens duquel il se développe, jusqu'au moment critique où il jouit totalement d'une vie propre dans des limites qui lui sont particulières. Il est dès lors individualisé. Le moment précis du phénomène individualisation est rigoureusement celui où cesse la continuité de substance de la cellule avec son antécédente dans le cas de bourgeonnement, ou avec sa congénère dans le cas de segmentation (1).

Les termes *individualisation*, *naissance*, ont donc en anatomie générale une signification très différente de celle que leur donne la physiologie des animaux supérieurs (2), très distincte aussi de celle qu'il convient d'attribuer au mot *genèse*, celui-ci désignant une apparition primitive et spontanée. Pour Robin, dans la conception qu'il se fait de l'origine des éléments anatomiques, l'individualisation va se confondre avec la genèse : l'élément ne s'individualise plus en se séparant d'un autre, mais par le fait même de son apparition dans une substance amorphe au milieu de laquelle il se limite et dont il se distingue par des propriétés nouvelles que ne présentait point cette matière amorphe. C'est dire déjà que Robin rejette l'universalité de la formule fameuse *omnis cellula a cellula*, dont M. Virchow se fera contre lui le défenseur triomphant.

Ce serait méconnaître le génie même de Robin que de supposer qu'il fut conduit à sa conception de la genèse des éléments anato-

(1) Il peut arriver que les deux individus cellulaires d'abord confondus deviennent en se séparant complètement indépendants dans l'espace, comme nous l'avons montré pour *Gymnodinium pulvisculus* (Voy. *Nouv. contribution à l'hist. des Péridiniens marins*, dans *Journ. de l'Anatomie*, janv.-fév. 1885) ; ou que ces parties restent enfermées et flottantes dans les humeurs du corps, comme les leucocytes ; ou enfin que les cellules restent attenantes les unes aux autres pour former le corps des Métazoaires. — Voy. aussi sur la notion d'individu en anatomie comparée, l'*Espèce et l'individu*. Rev. scient., 10 fév. 1883.

(2) L'ovule est individualisé dès son isolement au milieu des éléments primitivement semblables à lui où il se montre dans l'ovaire, dès avant par conséquent de présenter les caractères morphologiques qui vont permettre de le distinguer des cellules ambiantes de même origine et primitivement de même nature. Voy. Pouchet et Tourneux. *Préc. d'histologie*, p. 758.

miques autrement que par des faits d'observation à la vérité mal interprétés. Voyons quelles raisons il a cru pouvoir valablement invoquer. Et pour cela reportons-nous à l'état des connaissancs *positives*, au temps de ses premiers travaux, c'est-à-dire vers 1848 et 1849. Il faut toujours procéder ainsi pour apprécier la réelle valeur d'une doctrine. Or, il est bien certain qu'on n'a eu que tout dernièrement la preuve directe, tangible en quelque sorte, de la segmentation des cellules composant les tissus des animaux supérieurs, l'épithélium des Batraciens, l'axe cérébro-spinal des Mammifères (Vignal), etc. Jusque-là, on ne connaissait guère de segmentation positive et vérifiable que dans l'œuf de divers animaux, où le volume, l'isolement, la transparence des premiers éléments en cours de multiplication permettent de voir nettement cette segmentation dans ses phases successives. On n'en connaissait aucun exemple décisif chez l'adulte. A la vérité, on avait décrit la multiplication par scissiparité des globules rouges du sang (voyez Kölliker), mais c'était précisément une erreur et le tort eût été de l'admettre. Il y avait encore les cellules cartilagineuses dont on décrivait aussi la multiplication par le même procédé. Mais c'était d'intuition. On constatait dans un milieu solide, résistant, l'existence de deux cellules enfermées sous la même capsule cartilagineuse et on savait pertinemment que quelque temps auparavant les cellules étaient à la fois moins nombreuses et au nombre d'une seule dans chaque cavité. Mais on ne les voyait pas se diviser. On n'y surprenait pas davantage le travail intime du noyau qui nous permet aujourd'hui d'affirmer que les phénomènes se passent là en réalité comme on le disait, et comme ils se passent dans les œufs où on les avait observés.

Il y a en effet la plupart du temps une impossibilité matérielle à suivre le travail de segmentation dans les êtres vivants d'un certain volume, tels que les Vertébrés, dont nous ne pouvons guère mettre certaines parties transparentes sous le microscope sans les détacher de l'économie ou sans en altérer les rapports, de sorte qu'on n'a plus le droit de les considérer comme étant demeurées dans leurs conditions naturelles. — C'était donc seulement par induction qu'on prétendait que les rares hématies à deux noyaux qu'on peut reccontrer, que les fibres-cellules à deux noyaux qu'on trouve aussi parfois (sans aucune trace d'étranglement), que les deux cellules incluses dans une même cavité cartilagineuse étaient autant de preuves que les éléments anatomiques continuent de se multiplier au cours de la vie par scissiparité. Robin, sans tenir compte — et avec raison — de la présence souvent constatée de

deux noyaux dans le même élément, admet pour les cellules cartilagineuses, qui étaient le seul argument sérieux à invoquer, que la seconde cellule est née dans la cavité par *genèse*, à côté de la cellule préexistante, aux dépens d'un blastème fourni, excrété par celle-ci. Son hypothèse n'était pas d'ailleurs plus vérifiable que l'hypothèse opposée.

La genèse, ou génération spontanée d'une cellule ne se présente pas du tout à notre esprit avec les mêmes difficultés que la genèse d'un être relativement supérieur, comme l'est un Infusoire. Dans la question des générations spontanées, il est une objection, la meilleure peut-être, qu'on n'a jamais faite à F.-A. Pouchet, c'est que les êtres dont il croyait voir s'organiser spontanément le germe, avaient, à leur complet développement, une figure, des détails d'organisation, des caractères morphologiques en un mot tant internes qu'extérieurs parfaitement définis et ne souffrant que de faibles écarts. Or, le seul fait d'une constitution intime à la fois aussi compliquée dans l'individu et aussi uniforme dans l'espèce, ne saurait représenter que le résultat d'une fixation héréditaire. Du moins, l'esprit scientifique moderne se refuse à concevoir autrement l'identité dans la complication offerte par ces animaux : c'est l'infinie probabilité. La même objection, comme Robin l'a très bien indiqué (art. *Génération* du *Dict. encycl.*), ne se présente plus avec autant de force quand il s'agit de corps organisés offrant la figure géométrique régulière qui est primitivement celle des cellules, ni dans une certaine mesure quand il s'agit de végétaux filamenteux très régulièrement cylindriques, sans organes reproducteurs spéciaux. Dans une cellule librement développée, la forme, par cela même qu'elle est purement géométrique, peut être considérée comme indépendante de l'hérédité : c'est ordinairement celle d'une sphère ou d'un ovoïde, ou d'un fuseau plus ou moins allongé. Le noyau au sein du cytoplasme est presque toujours ovoïde ; le nucléole au sein de la substance nucléaire, ordinairement sphérique. Ce sont là en quelque sorte des formes primitives essentiellement simples qu'ont redonnées les composés albumino-terreux de M. Hering, comparables également à celles que nous avons obtenues avec le sérum du sang de Cheval additionné de sels terreux (1). Il est certain que les spicules des Spongiaires ou des Holothuries par exemple offrent des caractères morphologiques beaucoup plus compliqués que ceux d'une cellule ou d'un noyau. Toutefois, on ne manquera pas de faire remarquer que la présence même du noyau

(1) Voy. Pouchet. *Sur quelques particularités offertes par le plasma du sang de Cheval.* (*Journ. de l'Anat.*, mai-juin 1882.)

au sein du cytoplasme est une condition structurale qui indique déjà un degré plus élevé d'organisation; surtout, on objectera que l'élément cellulaire a ce caractère spécial de porter en lui, au moins au début, un potentiel se traduisant par la faculté de donner naissance à une ou plusieurs cellules semblables ou sensiblement semblables. C'est là, en effet, une distinction capitale, mais Robin ne la faisait pas. Il niait précisément ce potentiel ou du moins ne l'admettait que dans des cas très particuliers, ainsi pour le vitellus et pour les premières sphères de segmentation. Encore ce qui se passe alors, n'est-il pas entièrement assimilable à la multiplication que présentent plus tard les éléments cellulaires différenciés. En effet, la segmentation vitelline fournit des éléments décroissant progressivement de volume, au lieu de nous donner des éléments sensiblement égaux à celui dont ils dérivent, comme cela se verra ensuite.

Les conditions du savoir, depuis l'époque où Robin conçut son idée de la genèse, se sont bien modifiées! Le partage du noyau dans la segmentation du vitellus et des premières sphères s'accompagne des phénomènes aujourd'hui connus de la karyokinèse. Nous voyons directement la substance du noyau se dédoubler en substances ne jouissant pas des mêmes propriétés physico-chimiques et qui affectent dans leur rapports réciproques une disposition déterminée. Les différences chimiques qu'elles offrent, nous permettent d'immobiliser par des réactions fixatives et colorantes, toutes les phases de cette évolution essentiellement passagère et qui n'avaient été vues d'abord que dans l'ovule de certaines espèces animales, grâce à des conditions spécialement favorables de volume et de transparence. C'est là une conquête importante. Nous allons donc pouvoir fixer les tissus des animaux supérieurs et rechercher maintenant si dans la multitude de leurs cellules nous ne trouverons pas ces figures, indices certains d'un noyau en scissiparité? Or, l'événement prouve qu'on y surprend presque toujours quelque cellule sur le point de se segmenter, et ceci suffit à démontrer la généralité du phénomène. En sorte que les probabilités que les faits d'observation mettaient autrefois du côté des idées défendues par Robin, se retournent aujourd'hui contre lui.

Il n'ignorait point, d'ailleurs, les conquêtes nouvelles. Lui-même expose d'après les travaux de MM. E. Van Beneden, H. Fol, etc., les phénomènes de la division du noyau dans les sphères vitellines. Il n'a point eu vraisemblablement l'occasion de les vérifier sur les éléments de l'épithélium des Batraciens et de la moelle des Mammifères, où on les a signalés. Mais il faut bien reconnaître que cer-

tains points demeurent fort obscurs : ainsi, l'existence, au milieu des épithéliums, de ces cellules rameuses, contractiles et souvent pigmentées (cellules de Langerhans chez l'homme, chromoblastes des Batraciens, etc.), qu'il nous faut maintenant regarder comme homotypiques des cellules très différentes à tous les points de vue qui les entourent (1).

L'origine de ces éléments soulève certainement un des problèmes les plus délicats de la théorie cellulaire. A la vérité, on a voulu y voir des cellules migratrices échappées des tissus profonds, à travers la couche superficielle du derme (très résistante chez les Batraciens). Mais cette migration n'a jamais été démontrée. Il faut donc admettre que les cellules de la couche profonde de l'épithélium en état de multiplication continue, fournissent par scissiparité deux espèces d'éléments anatomiques, l'un en nombre considérable, l'autre très rare et totalement distinct par tous ses caractères. Ou bien encore faut-il admettre qu'en quelque lieu (à déterminer) s'est faite une pénétration normale des éléments du mésoderme dans l'ectoderme, qui ont ensuite proliféré en prenant au milieu des cellules de celui-ci la place et les rapports fixés par les conditions d'hérédité ?

Dans les idées de Robin, l'apparition de ces éléments serait simplement un fait de genèse. Elle aurait lieu aux dépens d'un *blastème* ensudé par les cellules épithéliales environnantes. Cette hypothèse en valait, en somme, une autre. Et elle ne nous choque qu'en raison de cette idée, sans doute exacte, infiniment probable, que jamais une cellule ne peut naître par genèse, c'est-à-dire par génération spontanée au sein des substances liquides ou demi-solides à demi-vivantes de l'économie. Il ne faut point oublier que rejeter d'une façon absolue la théorie de la genèse de Robin, revient à admettre *a priori* comme démontré l'axiome *omnis cellula a cellula*, qui n'est, en somme, dans son universalité qu'une autre hypothèse.

Cette théorie de la genèse, Robin l'expose déjà sans lui donner d'ailleurs, de nom dès 1848 dans un *Mémoire sur le développement des spermatozoïdes*. Il y revient en 1849 dans le traité *Du Microscope* : « Chaque fois qu'on a pu voir se former l'ovule mâle ou femelle, « dit-il, on l'a vu se former de *toutes pièces*, spontanément, au « milieu d'un liquide tenant ou non des cellules en suspension, de « la même manière qu'on constate la formation spontanée de toutes

(1) On peut encore signaler l'apparition des premières cellules vibratiles sur les épithéliums pavimenteux des voies respiratoires de l'embryon (Voy. Pouchet et Tourneux, *Précis d'Histologie*, et Laguesse, *Recherches sur le développement embryonnaire de l'épithélium dans les voies aériennes*, thèse, 1885).

« pièces de cellules épithéliales à la surface du derme dénudé. » « (*Microscope*, 2e partie, p. 116). Il ne se sert pas à cette époque du terme *blastème* qui avait déjà cours depuis près de dix ans en Allemagne, ou Burdach (1) et surtout Geber (2) s'en étaient servi dans le sens que lui-même lui donnera.

On a vu que Robin avait été de très bonne heure préoccupé d'une distinction fondamentale à établir entre les deux règnes animal et végétal. Il croit avoir trouvé dans le mode d'apparition des éléments qui composent les tissus des animaux et des végétaux, un argument décisif. D'après lui, seuls les végétaux nous présentent conformément aux vues de Schwann la transformation directe des cellules en divers autres éléments anatomiques (trachées, vaisseaux ponctués, fibres ligneuses, clostres, etc.). Chez les animaux il en est autrement : les cellules du feuillet moyen, tout au moins au bout d'un certain temps, vont se liquéfier et c'est dans le « blastème » résultant de cette liquéfaction que les éléments définitifs, fibres musculaires, tubes nerveux, etc., apparaîtront par genèse. Robin ne fait d'exception (1848) que pour les *produits* (épiderme, ongles, plumes, dents, cristallin, etc.), qui se développeraient par métamorphose directe des cellules embryonnaires. Quant aux tissus *constituants* ou essentiels (nerveux, musculaire, cartilagineux, etc.), il croit que leurs éléments se substituent à des cellules qui les ont précédé et leur ont préparé un blastème convenable.

Les blastèmes, d'après la nature que leur suppose Robin et le rôle qu'il leur fait jouer, seraient des éléments organiques (fluides ou demi-fluides) du corps, temporaires et, de plus, d'une infinie variété. Ils proviennent soit des plasmas (sang, lymphe), laissant suinter certains de leurs principes à travers les parois des capillaires, soit des éléments anatomiques figurés déjà nés et versant autour d'eux des principes immédiats propres à la constitution de l'élément à venir. Les blastèmes, très distincts les uns des autres au point de vue de leur origine, ne le sont pas moins au point de vue de leur fin et de leur composition nécessairement en rapport avec les éléments anatomiques qui vont naître d'eux. Cependant, ils ne diffèrent, en apparence, que par un peu plus ou un peu moins de consistance. Sous le microscope, ils se présentent comme des substances liquides ou demi-liquides, amorphes, interposées le plus souvent en petite quantité aux éléments préexistants et déjà presque toujours mélangées d'éléments de génération nouvelle. Enfin, ce

(1) *Physiologie*, Paris, 1838, trad. franc., t. III, p. 371.
(2) *Handbuch der allgemeinen Anatomie*, Bern, in-8o, 1840, p. 16.

sont essentiellement des espèces anatomiques transitoires, en ce sens qu'à peine produites elles servent à la génération d'autres espèces, d'une organisation plus élevée. On constate à la fois, d'une part leur apparition incessante et, de l'autre, leur disparition continuelle par suite de la naissance à leurs dépens d'éléments anatomiques divers. « Partout où existent des éléments anatomiques « végétaux ou animaux en voie de rénovation moléculaire active, « nous pouvons, dit Robin, voir sur le fait l'apparition ou géné- « ration d'autres éléments anatomiques. Il y a donc genèse ou gé- « nération spontanée d'éléments anatomiques dans le corps et « pendant la plus grande partie de l'existence. » Robin prend, d'ailleurs, bien soin de distinguer cette genèse de l'hétérogénie, qui suppose l'apparition de la substance organisée et configurée au sein et aux dépens des milieux cosmiques non organisés, non vivants. Aussi, tandis qu'il rejette les doctrines de F.-A. Pouchet sur la génération spontanée des Infusoires, le voit-on plus tard invoquer à l'appui de ses idées, le fait signalé par M. Trécul, de la formation spontanée, c'est-à-dire de la genèse d'amylobacters dans le liquide intracellulaire de certaines cellules végétales (Trécul, *Comptes rendus*, 1861, t. LXI, p. 432).

En résumé, Robin reconnaît deux modes d'apparition différents des éléments anatomiques : un premier mode dans l'ovule fécondé ; un autre dans le corps de l'être déjà formé, à partir des premières périodes de l'état fœtal jusqu'à l'état adulte.

Dans l'ovule fécondé Robin qui ne pouvait suivre, comme nous le faisons aujourd'hui, la destinée de la vésicule germinative, admet son évanescence complète ; et dès lors il est forcément conduit à admettre la formation spontanée ou genèse du noyau vitellin, suivant à quelques heures d'intervalle la fonte de la vésicule germinative dans la masse du vitellus. Quant à la segmentation de celui-ci, elle ne fournirait rien au delà des cellules embryonnaires. A partir du moment où est terminée cette segmentation, par le seul fait de l'existence d'éléments anatomiques en voie de rénovation moléculaire continue, des éléments d'espèce semblable ou différente vont apparaître de toutes pièces à l'aide et aux dépens des principes immédiats fournis par les premiers. Ces principes s'associent moléculairement en masses de figure spécifique nouvelle, et pour d'autres seulement sous la forme que leur permettent de prendre les interstices qu'ils occupent.

Ce qui se passe là — Robin a bien soin de le faire remarquer — n'a rien de commun avec une coagulation. C'est une genèse, la genèse dans un être vivant et par la combinaison de principes immé-

diats variés, d'un nouvel élément, noyau, cellule, qui dès son apparition offre une structure et un volume déterminés, différents selon les individus, ayant de prime abord certaines dimensions et pouvant ensuite se développer ou rester tel plus ou moins longtemps, à moins qu'il ne s'atrophie et ne soit résorbé. Dès l'instant de son apparition la substance de cet élément anatomique est vivante elle-même, et participe aux actes de rénovation moléculaire de l'être dans lequel elle est née.

Cette apparition a cela de partioulier d'avoir lieu sans lien généalogique substantiel direct entre l'individu élémentaire nouveau et ceux préexistants, soit de même espèce, soit d'espèce différente. L'élément nouveau n'a besoin de ceux qui le précèdent ou l'entourent au moment de sa genèse, que comme condition d'existence et de production ou d'apport des principes qui s'associent entre eux pour le former. Et à son tour il devient, par le fait même de son apparition, de son développement et de sa nutrition, la raison de la genèse d'éléments anatomiques d'espèce semblable ou différente, et par suite, d'un tissu, d'un organe, etc.

Il est clair que dans ces conditions la genèse d'une cellule ou de tout autre élément est un fait dérivant directement de l'état d'organisation et dérivant de lui seul. Pour Robin, l'apparition libre d'un élément dans un blastème est le dernier terme de l'analyse histologique au delà de laquelle il n'y a plus rien que les actions moléculaires résultant du conflit des principes immédiats constituant la substance vivante. Robin crut toucher ainsi la limite des faits morphologiques, tandis que cette limite, en réalité, se dérobe à nous du moment que nous considérons toutes les cellules existant, ayant existé et devant exister, comme reliées ontogénétiquement et phylogénétiquement les unes aux autres.

Toute cette doctrine de la genèse, telle que la concevait Robin, ne saurait plus être défendue aujourd'hui, au moins en ce qui touche la multiplication cellulaire. Elle demeure cependant l'expression fort juste du développement organique, dans le sens le plus général de cette dépendance génétique où se trouvent les différentes parties élémentaires du corps, apparaissant toutes en fonction de l'existence préalable d'autres parties élementaires. Vers la fin Robin avait beaucoup modifié sa théorie sans parvenir cependant à la rendre plus acceptable. Telle qu'il l'expose dans l'article *Génération* du *Dictionnaire encyclopédique* (1881) elle diffère considérablement des débuts et s'accorde tout au moins en partie avec les données nouvelles de la science (1).

(1) Voy. p. 408.

Le noyau vitellin dont il reconnaît toujours la première apparition comme spontanée, le noyau vitellin « né par genèse », pour employer ses expressions, donne par scission continue le noyau des cellules résultant de la segmentation du vitellus. Le nombre et la masse des noyaux, ou en d'autres termes, des parties constituantes élémentaires de provenance nucléaire primitive, augmentent donc considérablement, tandis que le corps cellulaire, partie constituante d'origine vitelline directe, disparaît. Ces noyaux passent ainsi à l'état de *noyaux libres* beaucoup plus nombreux que les cellules dans lesquelles ils s'étaient multipliés, et presqu'aussitôt chacun devient le centre de la génération d'un corps cellulaire nouveau (abstraction faite des cas où les noyaux libres s'hypertrophiant se segmentent bientôt eux-mêmes). « C'est de la sorte que « dans le mésoderme les unités anatomiques figurées, définitives « et permanentes (éléments des tissus lamineux, musculaire, élas- « tique, etc...), sans caducité ni mues normales (comme à l'épi- « derme) succèdent aux cellules transitoires du feuillet moyen. « Elles les remplacent non pas nombre pour nombre mais dans « des proportions immédiatement bien supérieures, qui sous leurs « amas nucléaires (*blastèmes* des premiers embryologistes) font aus- « sitôt disparaître l'état de feuillet primordial uniforme, et appa- « raître relativement épais les rudiments des organes définitifs ». Suivant ce nouvel exposé, les noyaux se multiplieraient donc par scissiparité : les corps cellulaires seuls apparaîtraient par genèse avec leurs prolongements fibrillaires nerveux, etc... Il semble de même que maintenant Robin restreigne les faits de genèse au seul feuillet moyen. Nous avons déjà fait observer que l'existence de noyaux nus, et par suite la formation d'un corps cellulaire sur un noyau nu devaient être considérées dans l'état actuel des connaissances comme une erreur d'observation. Quant aux dépendances du corps cellulaire, en choisissant de meilleurs exemples que les expansions des cellules nerveuses ou lamineuses, on est bien contraint d'en attribuer l'apparition à un véritable phénomène de *genèse* tel que l'entendait Robin.

Il nous reste à dire comment se combinaient dans la pensée de Robin les phénomènes de genèse avec l'existence d'une sorte de segmentation, pour subvenir au renouvellement incessant de l'épiderme et de certaines secrétions glandulaires. D'après lui, l'individualisation des cellules épidermiques résulterait de deux phénomènes antécédents, de deux conditions antérieures qui la rendent possible : d'une part la genèse des noyaux, et d'autre part la genèse de la substance destinée à former autour d'eux les corps cellu-

laires. Les noyaux nés par genèse et d'abord très petits grandissent peu à peu; en même temps se produit entre eux une certaine quantité de substance homogène peu ou point granuleuse qui écarte ces noyaux. Puis, quand ils se trouvent à une distance les uns des autres égale à peu près à leur propre diamètre, la substance interposée se segmente entre eux. C'est seulement alors qu'il peut être question de véritables cellules. Ce serait là, comme on voit, un mode tout particulier d'*individualisation* des éléments cellulaires, très distinct d'une reproduction. On aurait ici une matière organisée née par genèse mais manquant de configuration spéciale ou du moins spécifique, qui se segmenterait en autant d'éléments anatomiques (dès lors individualisés) doués d'une configuration, d'une structure et d'une vie propres, qu'il s'est produit de segments.

Évidemment Robin tombe ici dans une grave erreur en ce qui touche les noyaux, que nous savons se multiplier par scissiparité; mais il semble avoir très exactement interprété le phénomène de segmentation de la matière amorphe. Il avait très bien vu du reste qu'une division, qu'une scission du noyau peut avoir lieu à l'état normal aussi bien qu'à l'état pathologique dans certains éléments anatomiques, sans être suivie d'une division de ceux-ci, par exemple dans les fibres-cellules. Nous avons indiqué de notre côté le même phénomène, se présentant d'ailleurs avec la même rareté relative, dans les hématies nucléés; il faudrait y joindre peut-être le fait de la présence de deux noyaux dans un grand nombre de cellules hépatiques dont le diamètre n'est point augmenté, et qui ne paraissent pas conséquemment en cours de segmentation.

Robin se figurait donc la couche profonde de l'épiderme comme formée d'une masse essentiellement continue, sorte de blastème, où les noyaux seraient apparus par genèse, et destinée à se segmenter autour d'eux. Il se basait pour admettre ceci, sur l'observation de certaines productions pathologiques et spécialement des épithéliomas, dans la profondeur desquels il isolait de vastes masses nettement limitées à la façon des cellules, et renfermant un nombre plus ou moins grand de noyaux à peu près équidistants. Ces éléments géants résultaient pour lui d'une segmentation incomplète de la matière amorphe autour des noyaux. Il avait cru observer ce mode d'individualisation cellulaire dans l'épithélium des culs-de-sac de certaines glandes, en particulier du pancréas, et il l'étendait par analogie à la couche de Malpighi (1). Il ne nie pas

(1) *Anat. cell.*, p. 211. Rappelons qu'il existe de nombreux exemples de masses qu'on pourrait considérer comme une sorte de cytoplasme indéfini : ainsi la substance cel-

absolument que des cellules y puissent naître par segmentation, puisqu'il ne s'agit pas ici d'un tissu constituant, mais il n'admet pas que ce seul processus suffise à la rénovation continue des surfaces cutanées, muqueuses et sécrétantes. Rien de plus évident à ses yeux que cette rénovation par genèse des noyaux d'abord, et de la matière amorphe en même temps. Le lien génétique qui relie tous les noyaux les uns aux autres lui échappe, mais le fait de l'individualisation de cellules autour d'eux par une sorte de clivage de la matière amorphe, avec ses accidents divers, ne saurait être contesté (1).

Robin au milieu de toutes ces variations sur sa théorie de la genèse ne méconnaissait nullement chez les animaux, les autres modes de multiplication cellulaire. La production des globules polaires lui offrait le type de la *gemmation*. Il l'avait spécialement étudiée chez les Nephelis et chez les Tipulaires caliciformes où il admet que tout le blastoderme naît ainsi par gemmation de cellules dépourvues de noyaux à la surface du vitellus. Mais il met la gemmation et la scissiparité au même rang, n'y voyant que des processus en quelque sorte exceptionnels chez les animaux, et limités à peu près exclusivement au vitellus et à la matière amorphe des couches profondes des tissus dérivés du feuillet externe. Cela le conduit à penser que les cellules nées de la sorte n'ont jamais qu'une existence temporaire et transitoire par rapport à l'être qu'elles concourent à former. Pour lui, l'état amorphe est en quelque sorte le substratum nécessaire au phénomène de segmentation, lequel ne se montrerait plus qu'exceptionnellement sur les cellules ; et s'il s'y produit, c'est que leur cytoplasme a conservé, de la matière amorphe dont il est né, la propriété de se segmenter. Mais ceci n'arrive que lorsque la cellule, par certaines circonstances, a dépassé son volume habituel.

On voit comment Robin suit sa pensée jusqu'en ses conséquences extrêmes. L'augmentation de volume de l'élément n'est plus pour lui un acheminement vers la segmentation : c'est le résultat de

lulaire continue de la cornée des poissons (voy. Pouchet et Tourneux, *Précis d'Histologie*, p. 611) parsemée de noyaux qui ne sont pas même toujours équidistants.

(1) Nous avons observé et décrit ce mode d'individualisation sur les dernières hématies en formation dans l'aire vasculaire des Rongeurs (Voy. *Soc. de Biologie*, 6 avril et 20 juillet 1878.) Les masses polynucléaires dont il est ici question pourraient être comparées à un vitellus méroblastique dans lequel la puissance de segmentation n'est pas assez grande pour amener la segmentation totale. Quant à parler de sphère d'activité des noyaux, c'est résoudre la question par la question : le fait est que nous ne savons encore rien sur la relation, en réalité fort complexe, qui relie la multiplication nucléaire à l'individualisation cellulaire.

circonstances fortuites — dans le sens où ce mot peut être pris en biologie — et la segmentation n'est à son tour qu'une conséquence possible de cet accroissement de volume.

Nous avons cru devoir insister longuement sur cette erreur presque inexplicable d'un anatomiste aussi sagace. Il est difficile de comprendre comment, après avoir été victime au début de sa carrière d'erreurs d'observation presque fatales à cette époque, Robin n'a pas plus tard, comme sur tant d'autres points, réformé ses premiers jugements en présence de la multitude des faits nouveaux constatés de toutes parts.

Robin, donnant une importance presque égale à tous les éléments figurés, avait été conduit à rejeter la *théorie cellulaire* dans ce qu'elle avait d'universel. Les partisans de celle-ci étaient allés à une exagération contraire, ne voyant rien dans l'économie en dehors des cellules. Robin se rapproche évidemment de la vérité quand il nous montre une foule de parties essentielles, négligées jusque-là des anatomistes, comme apparaissant par une sorte de genèse. Et s'il se trompe en y comprenant les cellules, n'est-ce pas véritablement du nom de genèse que nous devons appeler l'apparition dans le cytoplasme amorphe, de parties intimes essentiellement distinctes et vivantes, telles que les fibrilles musculaires? Observons les derniers chevrons de la queue des larves de Batraciens. La cellule embryonnaire contenant encore des granules vitellins s'est allongée, ses noyaux se sont multipliés. La plus grande portion de son cytoplasme en apparence ne s'est pas encore modifiée, et cependant ce cytoplasme est progressivement remplacé dans une partie de l'élément par la substance contractile musculaire, dont les propriétés physico-chimiques et organiques sont absolument différentes. N'y a-t-il pas là véritablement genèse de cette substance nouvelle, née aux dépens du cytoplasme comme d'un blastème et aussi nettement délimitée par rapport à lui que l'est le noyau par rapport au corps cellulaire? On pourrait encore citer l'apparition des nématocyste dans le cytoplasme d'une cellule urticante. Ce sont là évidemment des phénomènes de genèse tels que les entendait Robin. Et c'est alors que nous voyons combien est peu satisfaisante en définitive la théorie cellulaire, et comment nous sommes toujours ramenés en deçà des faits de structure, à la considération des phénomènes moléculaires qui se passent au sein de chaque élément anatomique susceptibles d'imprimer à sa substance les caractères fonctionnels et morphologiques les plus nets et les plus compliqués. C'est peut-être de ce côté que sont à faire les plus importantes études pour un avenir vraiment fécond de la biologie.

VIII. Les cinq propriétés fondamentales de la substance organisée (suite). — La courbe vitale. — La division du travail.

Robin, dans son énumération des cinq propriétés fondamentales de la substance vivante, place l'*évolutilité* avant la *natalité*, considérant l'individualisation de la substance organisée en nouveaux êtres, comme une conséquence même de son évolution. Nous venons d'exposer ses idées sur la *natalité*. Il désigne sous le nom d'*évolutilité* la propriété qu'a toute substance organisée amorphe ou figurée en voie de rénovation moléculaire, une fois apparue, de se modifier sous les divers rapports de son volume, de sa forme, de sa structure et de ses autres attributs d'ordre vital, jusqu'à détermination de changements tels dans sa constitution que tous ces actes cessent, ce qui caractérise la mort. La multiplication et spécialement la segmentation cellulaires se rattachent à l'évolutilité, en tant que marquant le terme du développement au point de vue de la masse et de certains changements de constitution. Ceux-ci, à leur tour, provoquent l'activité nouvelle que nous voyons se manifester dans le noyau des éléments qui entrent en scissiparité.

Quant à la mort, elle n'est en aucune façon une conséquence de la vie. Leur connexité, il est vrai, est tellement contingente par rapport à nous, que nous unissons fatalement ces deux actes, mais Robin montre très bien que de la rénovation continue qui caractérise la vie, ne découle en réalité que la possibilité de croître et de décroître. C'est cette décroissance dans l'état d'organisation qui, venant à rompre l'équilibre entre l'être organisé et le milieu, rend celui-là inapte à subsister plus longtemps. Mais aucune contradiction n'empêche de concevoir l'existence d'un être comme une alternative indéfinie d'assimilations et de désassimilations. Nous connaissons des espèces chez lesquelles le plus grand âge n'apporte dans la constitution de leurs tissus aucun signe de caducité appréciable par le microscope ni par aucun des autres moyens dont nous disposons : ces êtres nous apparaissent dès lors comme pouvant vivre et croître indéfiniment (1).

A la vérité, Robin n'admet pas que la vie puisse ainsi se perpétuer, et que la mort puisse n'être qu'un phénomène accidentel. Rien ne prouve cependant qu'il n'en soit pas ainsi dans certains cas et nous n'avons contre la conception d'un être vivant indéfini-

(1) Il convient sans doute d'ajouter, au moins en ce qui concerne les animaux, que cette croissance est en raison inverse d'une fonction déterminée du temps.

ment, que des objections d'ordre rationnel et métaphysique. On pourrait même ajouter que la reproduction n'est en définitive que l'expression naturelle de cette permanence possible de la substance organisée (1).

En tout cas, il faut reconnaître que la théorie générale de la mort est encore à formuler ou du moins très peu avancée, qu'il s'agisse de l'être total ou de chacun des éléments qui le composent. Robin insiste sur ce point que la mort des éléments anatomiques est graduelle, survenant par une succession de mouvements infiniment petits. Ceci est vrai aussi bien pour les tissus et les éléments destinés à une élimination normale (cellules épidermiques, tissus maternels entraînés avec l'embryon) que pour ceux qui sont frappés de mort en raison d'une lésion pathologique. Tantôt l'altération survenue affecte à la fois toute l'étendue de l'élément et le conduit rapidement à la liquéfaction totale, tantôt elle se manifeste en quelque sorte de proche en proche et aboutit à une diminution d'étendue, à une atrophie, jusqu'à disparition complète de l'élément laissant sa place à un autre ou à d'autres, comme nous le voyons pour les hématies sans cesse renouvelées dans le sang.

Dans l'idée que nous nous faisons des substances amorphes de l'économie, comme dépendantes des éléments cellulaires, il est clair que leurs phénomènes d'évolutilité seront, essentiellement contingents : dans les vues de Robin au contraire ces phénomènes sont primitifs. Aussi, à l'état normal, le seul phénomène évolutif que présentent les substances amorphes est-il selon lui une augmentation de quantité.

Robin, qui n'admet aucune métamorphose d'éléments quelconques, reconnaît toutefois (2) que certains d'entre eux peuvent être le siège de changements de forme, mais il insiste peu sur un point assurément délicat pour sa doctrine. Il établit, au contraire, avec une grande autorité, comment la cellule se remplira de substances telles que des huiles, des essences insolubles dans le cytoplasme. Il montre combien ces changements de forme ou d'état intérieur sont dignes au plus haut point, bien que trop souvent négligés, de fixer l'attention de l'anatomiste. N'est-ce pas là en effet l'histoire même de l'élément? L'élément cellulaire en particulier n'est-il pas un véritable individu dont l'évolution, jusque dans ses écarts (3), reste comparable à celle de l'individu animal ou végétal?

(1) *Anat. cell.*, p. 468.

(2) *Anat. cell.*, p. 448.

(3) C'est ainsi qu'on observe exceptionnellement des cellules géantes de diverses espèces ou naines, comme il y a des animaux géants ou nains. Il est bien entendu que

« On ne peut posséder une notion exacte de la constitution d'un « élément, dit avec raison Robin, que lorsqu'on l'a observé à toutes « les phases de son évolution, ou au moins aux phases principales ; « il est impossible, en un mot, de connaître une cellule si l'on n'a « suivi qu'une seule des périodes de son existence, fût-ce celle qui « dure le plus et dite de l'état adulte. »

Cette existence cellulaire est, comme celle de tout indidu vivant, marquée par une série de phénomènes évolutifs qui se succèdent sans discontinuité. Elle peut être dès lors imaginativement figurée par une courbe ininterrompue, comme on représente un mouvement. La durée de l'état adulte ou parfait y sera indiquée par la portion culminante, au delà de laquelle la courbe, en redescendant, accusera la manifestation des phases séniles. La variété de ces courbes ne sera pas moindre pour les espèces d'éléments anatomiques, que pour des espèces animales ou végétales.

On n'oubliera pas qu'il s'agit ici d'une conception toute subjective, reposant sur la notion que nous avons des conditions morphologiques ou statiques successives constatées chez un individu vivant. Ces courbes seront donc l'expression tantôt exacte, tantôt approximative d'états que nous pouvons concevoir ou reconnaître directement aux différents moments de la durée. C'est, en somme, un procédé expressif de faits dont l'intimité nous échappe. Aussi l'embarras pourra-t-il parfois devenir très grand de savoir ce qu'il convient d'appeler régression de l'élément, par exemple dans le cas des cellules adipeuses, sébacées, etc. Pour Robin, la cellule sébacée qui met en liberté un produit par rupture, tandis qu'elle-même est rejetée comme résidu, représente jusqu'à la fin une progression physiologique et ne saurait d'aucune façon être considérée à aucun moment comme entrée en régression (1). De même, le passage des cellules à l'état granuleux, bien étudié par Reinhardt (2), ne serait comme celui des cellules des glandes sébacées, qu'une *progression évolutive*, seulement ici sénile ou pathologique, et nullement une régression (3).

Mais ce sont là des difficultés de détail qui n'ôtent rien à la valeur

nous employons ici cette désignation de « géantes, » comme un simple qualificatif (voy. ci-dessus, p. xxv). D'autre part on devra se garder de l'appliquer à des cellules dont l'extrême croissance ne représente pas un *état*, mais seulement un processus devant aboutir à la segmentation.

(1) *Anat. cell.*, p. 271.

(2) *Ueber die Entstehung der Körnchenzellen* (Arch. für path. Anat.).

(3) *Anat. cell.*, p. 594.

de la conception elle-même et de ses avantages. Et tout d'abord ces courbes envisagées dans leur ensemble vont nous fixer sur un point d'Anatomie générale de la plus haute importance. On verra que la partie descendante n'est jamais exactement superposable à la portion ascendante, ou, en d'autres termes, que les phases séniles de l'évolution ne ramènent jamais un élément à ce qu'il a été auparavant, à un état semblable à celui qu'il a offert durant son accroissement embryonnaire et fœtal. C'est là, d'ailleurs, une considération dont la fatalité s'impose. Et il suffit de réfléchir un instant aux conditions générales de la vie pour ne point tomber dans un tel non-sens.

Pour l'élément anatomique comme pour l'animal lui-même, la courbe de vie, indépendamment de son allure générale, pourra présenter des *points singuliers* correspondant à des aberrations plus ou moins momentanées, à des périodes de déclin ou de relèvement passagers (par maladie, empoisonnement, etc.). Mais ici encore, la difficulté peut devenir très grande pour apprécier comment certaines modifications survenues doivent être interprétées. C'est qu'en effet cette courbe de vie a en quelque sorte une double expression, ou plutôt elle est la résultante de deux courbes différentes, selon que l'individu (animal ou cellule) sera envisagé au point de vue morphologique ou au point de vue de sa constitution moléculaire. Pour l'individu animal, le premier est le plus important, et en réalité, celui qui dessine la courbe à nos yeux. Pour l'élément, c'est le contraire : la morphologie a bien son importance et imprime à certaines espèces une caractéristique essentiellement propre : ainsi on peut signaler les cellules de l'épiderme depuis le moment de leur individualisation, jusqu'au moment où après avoir changé de forme, de dimension, de rapports dans leurs diamètres, elles sont éliminées à la surface de l'épiderme; il est même à noter que ces éléments, dans leur rapide évolution, ne présentent pour ainsi dire point de période d'état. Mais en général la courbe importante pour les éléments anatomiques serait bien plutôt celle figurative des modifications de leur constitution moléculaire intime. Dans le cas des cellules épidermiques les deux courbes peuvent être regardées comme sensiblement superposables, les modifications morphologiques allant sensiblement de pair avec les modifications moléculaires; toutefois il n'en est pas toujours ainsi, quand par exemple une substance toxique, d'action lente, modifie profondément l'état moléculaire et la fonction d'un élément, sans en altérer les caractères morphologiques.

Il faudrait même dans certains cas, pour plus d'exactitude, con-

cevoir la courbe de vie de la cellule comme double, l'une pour le corps cellulaire et l'autre pour le noyau, chacune étant elle-même double dans le sens que nous venons d'indiquer. On pourrait citer les hématies des Vertébrés ovipares, où le noyau après avoir suivi sensiblement les mêmes phases d'accroissement que le corps cellulaire termine son rôle presque au moment où celui-ci entre dans sa période d'état, précédant sa régression finale.

Robin n'admettait à aucun degré la phylogénie cellulaire; la courbe de chaque espèce d'élément aura donc pour lui un point de départ spécial. Pour nous au contraire deux espèces ou plus de cellules auront dans certains cas un point de départ commun, les courbes ne devenant distinctes que plus tard. C'est ainsi que les ostéoblastes deviennent médulocelles et myéloplaxes (1). Mais à partir du point de divergence, les courbes resteront toujours distinctes, on ne les verra jamais redevenir superposables. Jamais non plus — et ici Robin est essentiellement catégorique — on ne verra tératologiquement, pathologiquement et encore moins selon le besoin fonctionnel des parties, les cellules du tissu cellulaire se métamorphoser en cellules épithéliales, en leucocytes et *vice versa*, pas plus que des cellules des feuillets blastodermiques externe et interne on ne fera sortir indifféremment soit des faisceaux musculaires, soit des fibres élastiques. Jamais, pas plus chez les éléments anatomiques que chez les animaux, une modification tératologique ou morbide ne rendra un individu donné semblable à quelqu'individu que ce soit d'une autre espèce. Les écarts peuvent aboutir à la stérilité fonctionnelle (la mort de l'individu) ou génésique (la mort de l'espèce), ils ne conduiront jamais, quelque énormes que soient parfois les changements survenus, à la transformation d'une espèce en une autre, pas plus dans les variétés d'animaux domestiques que dans certains éléments prodigieusement transformés que connaît la pathologie.

Robin revient à maintes reprises sur ce sujet et toujours avec une égale énergie. D'après lui, il n'y a, il ne peut y avoir transmutation directe d'une espèce cellulaire en une autre (pas plus que d'un animal en une autre espèce, malgré les plus grands changements de milieu). Le caractère de l'individualité est précisément cette résistance morphologique que rien d'après ce que nous savons ne peut vaincre. Ceux qui ont soutenu la doctrine contraire ont trop oublié l'importance et le nombre des phénomènes dont ils avaient

(1) Voir pour de nombreux exemples : Pouchet et Tourneux. *Précis d'histologie et d'histogénie.*

à démontrer la réalité pour prouver que sous ce rapport l'individu cellule s'écarterait de l'individu animal ou végétal.

Dans le même ordre d'idées Robin s'élève contre une erreur propagée par certains anatomistes et contre laquelle on ne saurait trop se tenir en garde. Les éléments anatomiques des animaux inférieurs ne reproduisent en aucune façon les caractères des éléments similaires chez l'embryon des animaux supérieurs. L'état d'une fibre musculaire chez les Mollusques ou les Annélides n'est point assimilable à l'état jeune d'une fibre musculaire de Vertébré. Les diverses variétés d'éléments cellulaires de la Lamproie, dernier terme actuellement connu de la série des Vertébrés (sans aller chercher celui-ci chez l'Amphioxus, les Tuniciers ou les Annélides), n'ont aucune similitude particulière avec ceux de l'embryon humain. Par suite, jamais l'étude d'un élément faite sur les animaux inférieurs ne peut complètement remplacer l'examen embryogénique de ce même élément chez l'homme ou tout autre Mammifère.

C'est là un point qui n'a peut-être pas fixé suffisamment l'attention des biologistes. Non seulement il nous est impossible d'étudier scientifiquement et positivement la descendance entre les espèces animales — descendance que nous admettons par une hypothèse toute philosophique; — mais il est à remarquer qu'on n'a jamais tenu aucun compte, dans les agencements philogéniques proposés, de tout un groupe de caractères morphologiques profonds, tels que les dimensions absolues des éléments anatomiques. Il ne suffit point de nous expliquer comment une Annélide pourra donner par certaines transformations un Arthropode. Encore serait-il bon de nous montrer comment, au cours de cette évolution, les cellules vibratiles vont disparaître, les fibres musculaires striées apparaître, sans parler des différences si profondes et tout à fait primordiales du développement embryonnaire. Il serait bon de nous dire encore à quel ordre d'influences modificatrices peut correspondre par exemple le volume considérable des éléments anatomiques des Amphibiens et des Sélaciens, comparé à celui des Poissons téléostéens, ou la forme ovoïde des hématies chez les Mammifères originaires des hauts plateaux de l'Ancien et du Nouveau Continent.

Ce sont là des faits anatomiques structuraux qui ont évidemment beaucoup plus d'importance — attestée par leur généralité même, — que les modifications de contour, l'allongement ou le raccourcissement d'un membre, ou les écarts dans la disposition réciproque

des os du crâne. Et cependant les partisans les plus décidés des théories évolutionnistes les ont toujours laissés comme à dessein de côté.

Les deux dernières propriétés fondamentales de la substance vivante, la *contractilité* et la *névrilité*, n'ont pas attiré d'une façon particulière l'attention de Robin. Nous ne nous y arrêterons donc pas. Rappelons seulement à ce propos qu'il s'est toujours montré assez défiant à l'égard de la conception de la division du travail physiologique (1) mise en avant par Milne Edwards. Ce dernier envisage seulement le cas où la même fonction accomplie ici par un organisme relativement simple, l'est ailleurs par un appareil plus compliqué répartissant entre divers organes le total d'activité que déployait l'organisme plus rudimentaire. Dans ce cas, il y a évidemment progrès : c'est la machine à vapeur actuelle avec ses organes considérablement variés et différenciés remplaçant l'ancienne pompe à feu toute simple, pour faire le même travail. Mais on n'oubliera pas qu'il existe un autre mode de division du travail physiologique, tout différent, résultant de la multiplication d'organes similaires : ainsi, les pattes chez les Iules au nombre de deux paires par anneau, les yeux à facettes des Arthropodes, etc... La division du travail physiologique est donc, comme la doctrine évolutionniste, une conception exigeant la disposition sériale préalable des phénomènes que l'on envisage, dans un ordre en rapport avec les conséquences qu'on en veut tirer. Troublez cet ordre tout subjectif, et le système succombe : la division du travail « marche » est évidemment beaucoup plus grande chez la Scolopendre que chez l'Insecte hexapode : dira-t-on celui-ci moins bien partagé? Le Diptère, dont le vol est si ferme, est-il moins bien partagé au point de vue du travail « vol » que la plupart des insectes à quatre ailes où la division du même travail est plus grande ?

IX. — Travaux de Pathologie. — M. Virchow. — Le cancer (2).

Nul plus que Robin n'a insisté sur l'étroite relation qui unit la pathologie à l'état normal. Nul n'a proclamé plus haut que la lésion organique et par suite fonctionnelle, ne saurait être comprise tant que l'on reste en dehors de la considération des qualités de la

(1) Voy. *Anat. cell.*, p. 300.

(2) Pour la rédaction de ce chapitre nous avons fait de larges emprunts à un travail que prépare M. le Dr Herrmann, professeur à la faculté de Lille, sur la place et l'influence des idées de Robin en anatomie pathologique.

substance organisée et de ses modes d'activité à l'état normal. L'intérêt pratique de l'étude des tissus et des éléments vivants est même dans ce fait seul, que seule elle permettra de distinguer, dans les cas pathologiques, la production d'éléments nouveaux ou différents de ce qu'ils sont à l'état normal. Et combien de fois le professeur dans ses cours, dans son laboratoire est revenu avec une ironie presque cruelle, sur tous ces anatomo-pathologistes improvisés qui ne savent pas le premier mot d'histologie normale. Quelle quantité d'articles et de mémoires, quelle somme énorme d'imprimés sans importance et sans valeur a été publiée ainsi, dans une tendance qui est le renversement manifeste des choses! Combien de débutants s'attachent à l'étude des tumeurs, qui ne sauraient pas reconnaître l'état normal du tissu dont ils décrivent avec une assurance impertubable les altérations!

Et même cette étude comparative dont on tient pourtant si peu compte, ne saurait être restreinte à l'état adulte; il faut connaître toute l'évolution de l'élément, les changements qu'il offre lors de son apparition ou dans le cours de son développement, pour bien juger des rapprochements à établir entre des états qui semblent anormaux et l'état normal. Ainsi, un tissu pathologique pourra résulter d'une production abondante d'éléments qui, au lieu de suivre les phases qu'on est habitué à les voir parcourir, persisteront un temps plus ou moins long dans l'état où ils se montrent au début dans tel ou tel organe. Ce sera donc bien le même élément, mais méconnaissable pour ceux qui n'auront pas présentes à l'esprit toutes les phases de son évolution normale. De même l'étude du développement de chaque espèce d'élément anatomique et de tissu, en montrant les limites entre lesquelles ils varient depuis le moment de leur apparition jusqu'à celui où ils atteignent l'état sénile, permettra seule de déterminer rigoureusement où commence le phénomène anormal, l'état pathologique.

Le mieux, pour apprécier les services considérables rendus par Robin à la pathologie, est de jeter d'abord un coup d'œil sur l'état des sciences médicales à l'époque de ses premiers travaux. La médecine était alors en pleine transformation. Sous l'influence de Bichat l'anatomie pathologique cultivée avec ardeur avait substitué aux anciennes entités morbides, la notion des altérations organiques. On put penser un moment qu'on tenait à la pointe du scalpel cette cause cachée des phénomènes morbides qui avait donné lieu dans le passé à tant d'hypothèses contradictoires. Mais les médecins anatomistes ne tardèrent pas à être profondément divisés lorsqu'il fallut mesurer la portée à attribuer aux données nouvelles. Deux courants d'opinion se firent jour et

aboutirent à la formation de deux écoles adverses. L'une personnifiée par Laennec, voulant maintenir l'autonomie de la médecine, laborieuse et analytique jusqu'à l'empirisme; l'autre spéculative, à vues larges, mais entraînée bientôt à tous les excès d'un système outré, et dont le chef fut Broussais. Au fond chacun sentait, dans l'École de Paris convertie à l'anatomisme, que ce n'est pas tout de connaître les altérations matérielles des organes, et que ceux-ci ne montrent rien de plus, en somme, que les ravages matériels causés par le mal : on éprouva le besoin de remonter plus loin, de rechercher la cause de ces altérations, le mécanisme de leur production. C'est l'époque ou Lobstein demande une anatomie pathologique *vérifiée par la pathogénie.*

Cependant, malgré les travaux de Bayle, Dupuytren, Bouillaud, Andral, Louis, Lobstein, Rayer, Cruveilher, la France s'était laissée devancer par les savants d'outre-Rhin. L'Allemagne avait été longtemps réfractaire aux idées nouvelles. Elle n'était sortie du vitalisme que pour tomber dans les vues spéculatives des philosophes de la Nature. A la vérité Schœnlein empruntant aux doctrines de Schelling seulement ce qu'elles avaient de véritablement scientifique, s'efforce dans ses cliniques d'imposer la méthode expérimentale et favorise le premier les applications de la microscopie et de la chimie organique à la pathologie. C'est aussi l'époque où Johannes Müller enseignait. Il convient de rappeler ici que le premier, en 1838, J. Müller découvre que les cellules fibro-plastiques, les *corps caudés* comme il les appelle, se retrouvent dans un grand nombre de tumeurs, et sont d'autre part absolument semblables aux mêmes éléments entrant dans la composition du derme de l'embryon. Il rejette la division des tissus en homologues et hétérologues, mais poussant à l'excès, il déclare que le cancer a la même constitution que les tumeurs les plus bénignes (1).

(1) Voici ce passage important : « Suivant les observations de Schwann, la peau du « fœtus se compose régulièrement rien que de *corpuscules caudés* se terminant en « longues fibres. Ainsi se forment les fibres de la peau et Schwann a trouvé les mêmes « corpuscules dans les tissus cellulaires et dans bien d'autres endroits. De là il ressort « clairement pourquoi de pareils corpuscules se rencontrent aussi bien dans des tumeurs « bénignes que dans des tumeurs malignes. Ce sont des formations embryonnaires « comme les cellules germinatives, et les formations embryonnaires se répètent dans les « tumeurs de la façon la plus remarquable. Il suit de là qu'il n'est pas possible d'éta- « blir une division des tissus pathologiques en homologues et hétérologues. Cette clas- « sification est basée sur des suppositions aveuglément osées, sans aucune connaissance « de la structure des tumeurs. La structure des tumeurs les plus bénignes n'est abso- « lument pas distincte de celle du cancer sous le rapport des éléments les plus fins et de « la genèse. » (J. Müller, *Ueber den feineren Bau und die Formen der krankhaften Geschwülste*, Berlin, 1838.)

Pendant que l'Allemagne prenait ainsi la tête du mouvement scientifique, les médecins français qui avaient poussé si loin l'investigation anatomo-pathologique, Laennec en tête (1), répudiaient l'usage du microscope. On comprend les doléances de Donné, qui seul avait tenté d'introduire chez nous le goût des recherches microscopiques, et qui les voyait ainsi condamnées par les chefs de l'École. Nous avons dit plus haut que De Blainville n'était rien moins que micrographe.

C'est en 1842 que l'histologie pathologique fut importée à Paris par H. Lebert, élève de Schœnlein et de Johannes Müller. Lebert après avoir pris ses grades à Zurich était venu en France pour y compléter son instruction clinique. Nous l'avons vu accompagner Robin à Jersey pour y recueillir des matériaux et des pièces destinés au musée Orfila. Il ne tarda pas à se faire connaître à Paris par des travaux remarquables en anatomie pathologique (*Physiologie pathologique*, 1845. *Traité des maladies scrofuleuses et tuberculeuses*, 1849; *Traité des maladies cancéreuses*, 1851; et surtout *Traité d'anatomie pathologique générale et spéciale*, 1855-1861).

Cependant l'histologie pathologique semble au début se greffer sur l'anatomie pathologique macroscopique, dont elle adopte les errements. Les idées de Laennec étaient restées maîtresses du terrain après l'effondrement des idées de Broussais. Les premiers observateurs qui s'adonnent à l'étude microscopique des tissus, négligent l'état normal, n'envisagent que des productions pathologiques. Tous leurs efforts tendent à consacrer à l'aide du microscope la division des tissus morbides en homologues et hétérologues telle que l'avait établie Laennec. Ne semblait-il pas naturel que les tissus que celui-ci avait démontré n'avoir point d'analogues dans l'économie, fussent composés d'éléments nouveaux qu'on n'y trouve point à l'état normal? Lebert était d'ailleurs en partie rattaché à ces vues. Avec une patience et une ingéniosité remarquables il développe dans ses écrits la doctrine des éléments

(1) Il suffit de citer ce passage : « Nous pourrions remarquer ici que la structure « intime de tous les organes est à peu près aussi insaisissable pour nos yeux et pour « nos instruments d'investigation que celle du poumon, et que par conséquent rien « n'est certain en anatomie pathologique, au delà des lésions tranchées qui tombent « d'abord sous les sens... Si l'on s'écarte de ces règles, si l'on cherche les causes de « maladies graves dans des altérations microscopiques des organes, il est impossible de « ne pas tomber dans des conséquences absurdes; et l'anatomie pathologique ainsi que « celle de l'homme sain cultivées de cette manière perdraient bientôt le rang qu'elles « occupent parmi les sciences physiques, pour se changer en un vaste champ d'hypo- « thèses fondées sur des illusions d'optique et des spéculations sans aucune utilité réelle « pour la médecine (Laennec, *Traité de l'auscultation médiate*, 1837, t. I, p. 331). »

spécifiques; et pourtant lui-même avait établi (1) la nature glandulaire hypertrophique de beaucoup de tumeurs mammaires et autres ; établi également la nature épithéliale des tumeurs dites « cancers cutanés et des muqueuses à épithélium pavimenteux » (cancroïdes). Mais il n'avait point vu que des productions tout à fait analogues peuvent dériver des épithéliums des glandes, du testicule, du rein, et sont par conséquent des tumeurs de même ordre que les autres, avec cette seule différence qu'elles proviennent des épithéliums profonds et non tégumentaires, circonstance qui à son tour va provoquer ou tout au moins expliquer des différences notables dans la structure des cellules, des noyaux, dans la rapidité de la marche de la maladie, etc. Lebert méconnaît complètement la véritable nature de ces cellules, il croit avec Hannover (1843) à la spécificité du noyau de la cellule dite cancéreuse; de même il regarde comme éléments nouveaux ceux du pus, du tubercule, etc. En un mot il adopte pour les éléments pathologiques la double désignation d'*homœomorphes* (hypertrophies musculaires, glandulaires, etc., production sépidermiques cornées, etc.) et d'*hétéromorphes.*

A la vérité cette doctrine, dérivée des idées de Laennec, avait déjà trouvé des contradicteurs. Bennet en Angleterre (2), Bruch en Allemagne (3) en démontrent la fausseté. Ils établissent que les cellules dites cancéreuses sont simplement des cellules de nature épithéliale plus ou moins modifiées, mais conservant cependant les caractères généraux du groupe auquel appartiennent ces éléments.

Robin au début subit l'influence de Lebert dont les vues concordaient si bien avec celles de Laennec et des anatomo-pathologistes français. C'est dans ce sens que sont conçues ses premières publications. Mais bientôt il rejette une doctrine contraire aux faits qu'il observe, et ce n'est pas sans intérêt qu'on voit comment il s'en affranchit progressivement. Ses doutes se manifestent d'abord lorsqu'il parle de la composition chimique des productions hétéromorphes. « Il est très probable, dit-il, que l'hétéromorphie, c'est-
« à-dire la production de parties constituantes élémentaires du
« corps différentes de celles qu'on trouve à l'état normal (cancers,
« tubercules), ne commence pas encore aux principes immédiats,
« mais seulement aux éléments anatomiques. Il est très probable
« que les *substances organiques* composant les produits hétéromor-
« phes sont les mêmes que celles des productions morbides ho-

(1) *Physiologie pathologique.* Paris, 1845.
(2) *On Cancerous and Cancroid Growths.* Edinburg, 1849.
(3) *Die Diagnosis der bœsartigen Geschwülste.* Mainz, 1847.

« mœomorphes et des tissus normaux, mais autrement combinées « quant aux proportions. Peut-être cependant par des procédés « plus délicats trouvera-t-on que ce sont des substances diffé- « rentes de la fibrine, albumine, etc... » (*Chimie anat.*, t. I, p. 262, 1851-1852.)

Analysant ensuite, avec cette rigueur d'observation qui caractérise toutes ses recherches personnelles, les tumeurs qui lui étaient soumises par les chirurgiens des hôpitaux, il arrive à séparer successivement du groupe hétérogène des *cancers*, une série de productions dont il détermine exactement la nature histologique. Tels sont notamment certains épithéliomas glandulaires (hétéradénomes), les gliomes de la rétine (1) ou tumeurs à myélocytes, les tumeurs à myéloplaxes, fibro-plastiques, etc. Dans une note sur les altérations du placenta (*Arch. gén. de médecine*, 1854, p. 705), il admet encore l'existence de certains produits morbides « formés principalement « ou entièrement d'éléments dont on ne rencontre aucune trace « dans l'organisme à l'état normal, tels que les corpuscules du tu- « bercule, les noyaux et cellules du cancer. » Mais déjà il constate que « les produits accidentels qui proviennent de l'hypergénèse de « certains éléments normaux, sont bien plus nombreux que les pro- « duits hétéromorphes », il proclame « la nécessité de connaître « les phases d'évolution des éléments anatomiques chez l'embryon « et à l'âge adulte, pour arriver à une saine interprétation des lésions « et des phénomènes morbides ».

A mesure que ses observations se multiplient la signification de tous ces faits isolés se dessine plus nettement à son esprit. En 1855 (*Acad. Sc.*, 22 *août*) il montre que les tumeurs de la mamelle dites cancéreuses, offrent une texture spéciale ; que ce fait s'observe également dans les tumeurs des région parotidienne, sous-maxillaire, labiale et épididymaire, qui ont reçu le même nom ; la texture des tumeurs diffère donc d'une région du corps à l'autre, etc. L'année suivante (*Mémoire sur le tissu hetéradénique*, *Gazette hebd.*, 1856) il fonde la théorie épithéliale du cancer, qu'il indique aussi deux ans plus tard dans le *Dictionnaire de Nysten*, rejetant absolument l'existence d'éléments anatomiques hétéromorphes.

En même temps il fait ressortir dans un mémoire sur les tumeurs de l'épididyme, les analogies qui existent entre le développement des productions pathologiques et celui des tissus normaux chez l'embryon : « outre les tumeurs offrant le type d'aspect extérieur « et de texture de certains tissus de l'adulte, il en est dont l'aspect

(1) Voy. ci-dessus p. xxxv.

« extérieur et la structure sont, à s'y méprendre, les mêmes que « ceux des tissus de l'embryon. Ce fait n'a pu être reconnu qu'après « une étude suffisante et des tissus tels qu'ils sont chez l'adulte et « des tissus tels qu'ils sont chez l'embryon comparés entre eux et « aux produits morbides... C'est manifestement faute d'un examen « assez complet des tissus normaux adultes et embryonnaires, que « la nature de ces productions a d'abord été méconnue par d'autres « comme par moi-même, après l'examen à l'aide du microscope. « Cela seul suffit dès à présent pour faire comprendre qu'on ne peut « bien interpréter la composition anatomique et la texture des tu- « meurs si on ne connaît et ne peut leur comparer les caractères de « même ordre que présentent les tissus normaux adultes et em- « bryonnaires. » (*Soc. biol.*, 1856.)

On a vu plus haut (1) les mêmes idées formulées, mais avec beaucoup moins de netteté, par Johannes Müller dès 1838, à propos des *corps caudés :* il suffit de rapprocher les deux passages pour voir quels progrès notables a faits chez Robin cette assimilation des tissus normaux aux tissus embryonnaires, et avec quelle rigoureuse logique il arrive peu à peu à appliquer en pathologie les tendances philosophiques qui déjà l'ont guidé dans ses études de chimie et d'histoire naturelle. Il répudie complètement la théorie de Lebert sur les éléments spécifiques et proclame le principe de la subordination de l'anatomie pathologique à l'anatomie et à l'embryogénie normales.

. « Les maladies, a dit Robin, ne sont que des fonctions troublées (2). » Mais ce trouble physiologique, nous savons aussi où en rechercher l'origine, où en poursuivre les causes : c'est dans l'état d'organisation des éléments affectés, car c'est lui qui est troublé originellement. Dès lors le mal pourra siéger dans cet au delà du visible, sur lequel le microscope pas plus que l'œil ne peuvent nous renseigner. Comme Laennec , Robin reconnaît qu'il peut y avoir une multitude d'altérations pathologiques ne se traduisant point à nos sens par des lésions matérielles ; il affirme l'existence de modifications purement moléculaires tant des solides que des liquides de l'économie en état de maladie, modifications accessibles ou non à l'investigation chimique, mais ne s'accompagnant souvent d'aucun signe visible. De même que l'étude des principes immédiats est la véritable introduction à l'anatomie générale, de même la connaissance des altérations des principes immédiats deviendra le premier chapitre de l'anatomie pathologique, et c'est

(1) Voy. p. XCIII.
(2) *Dict. de Nysten*. Art. HIST. DE LA MÉDECINE. Ed. 1858.

là qu'il conviendra spécialement de chercher la caractéristique des maladies générales. « Les maladies les plus générales ont na-« turellement pour cause un changement dans ce qu'il y a de « plus général dans l'économie... Ainsi déjà dans l'étude des prin-« cipes immédiats commence à se présenter à l'état d'ébauche l'a-« natomie pathologique. Tout changement (1) survenu dans les « principes immédiats, dans ceux des liquides surtout, entraîne « naturellement une altération des fonctions aussi générale que « possible, puisque c'est le mouvement nutritif, fait vital le plus « général, le plus fondamental, qui est altéré partout à la fois. Aussi « l'altération est-elle aussi dangereuse que possible, puisque les « propriétés des tissus se trouvent ainsi modifiées toutes simulta-« nément. » (*Chimie anatomique*, t. I, p. 260.)

Ces altérations des principes immédiats sont indéfinies; elle peuvent consister soit dans un changement de proportionnalité, soit, pour les principes non cristallisables dans un changement de leur constitution même. C'est ainsi, par exemple, que la fibrine devient plus ou moins coagulable. Nous verrons plus loin comment Robin relie à cette notion d'altération des principes immédiats se produisant au contact d'une substance similaire déjà modifiée, la propagation des virus et les désordres qu'ils causent dans l'organisme.

Enfin, le passage suivant qui traite du mode d'action des médicaments en tant que principes immédiats accidentels, est un de ceux qui caractérisent le mieux les vues de Robin sur les rapports de physiologie générale avec la pathologie : « Il y a dans l'étude de « la thérapeutique pharmacologique deux choses en présence : « le médicament et la substance organisée qu'il modifie. On com-« prend que l'une ou l'autre doivent être connues à un égal de-« gré si l'on veut arriver à se rendre compte de l'action d'un mé-« dicament et en diriger sagement l'emploi. Malheureusement, « nous sommes bien loin d'en être arrivés là. En général nous « connaissons le médicament, c'est-à-dire sa composition, ses pro-« priétés physiques et chimiques. Nous connaissons plus ou moins « la disposition géométrique ou extérieure des parties que forme la « substance organisée, mais nous ignorons la nature de celle-ci ; car « ce que nous étudions le moins, c'est la composition immédiate « de cette substance, aux principes de laquelle le médicament va « se fixer d'une manière permanente ou temporaire pour en mo-« difier les actes moléculaires rénovateurs et autres. Or, c'est pour-« tant par ces modifications de la substance organisée que ses actes

(1) Au delà d'une limite qu'on pourrait appeler tolérance.

« sont ramenés à leur état normal par suite de la tendance de la « substance de chaque élément anatomique à reprendre durant la « rénovation le type déterminé de la constitution qui lui est propre, « lorsqu'elle l'a perdu. C'est le retour à cette constitution qui est « le but de la thérapeutique. On ne saurait trop insister sur ce fait « que démontre l'étude de l'évolution des éléments anatomiques : « c'est qu'une fois qu'ils sont modifiés par suite de circonstances « accidentelles, tout ce qui vient activer la rénovation moléculaire « nutritive tend à les ramener à l'état normal, parce que durant « cette rénovation ils se développent dans le sens du type de la « constitution qu'ils avaient acquise pendant leur développement « fœtal.

« D'où l'importance qu'il y a à connaître la composition immé- « diate du sang et celle des éléments anatomiques pour arriver à « faire un choix rationnel des moyens thérapeutiques à employer « dans un cas pathologique quelconque.

« Non seulement il faut savoir ce dont est composée la substance « dont sont formées les parties qui sont le siège des actes, mais il « faut connaître aussi comment s'accomplissent ces derniers. En « effet, le médicament va s'unir à une substance en voie d'activité et « en voie de rénovation moléculaire continue ; souvent même c'est « à une substance dont la rénovation ne s'accomplit pas d'une ma- « nière semblable à ce qui se passe dans l'état normal ; ce qui fait « dire, non sans quelque raison, mais d'une manière ordinaire- « ment indéterminée, que les remèdes agissent autrement pendant « la maladie que pendant l'état de santé.

« Si chaque maladie a son évolution propre, cela tient à des « causes permanentes dont l'étude est précisément un des sujets « de la pathologie générale. Ces causes sont, avons-nous dit : l'état « de la substance organisée affectée, les conditions étiologiques de « la lésion, la nature propre de celle-ci et la perturbation fonction- « nelle qui en naît ; et parce que la perturbation reste toujours la « même sous une même cause, il faut bien que la substance, siège « des actes, se modifie toujours de même sous cette cause. C'est « l'étude de cette partie de la pathologie générale qui fait le mieux « saisir le vrai rapport entre la pathologie et la physiologie, ce « qu'est la maladie relativement à la santé, ce qu'il y a d'inévi- « table, comparativement à ce qu'il y a de modifiable, dans le cours « de l'une et de l'autre. » (Préface de Robin pour l'ouvrage de M. Picot, *Les grands processus morbides*.)

Dans la voie où il s'engageait si résolument, Robin était suivi par de zélés collaborateurs, où se distinguaient Broca, M. Ver-

neuil, Ordoñez. Il aborde, tout en s'occupant d'autres travaux, une multitude de questions d'anatomie pathologique dans des notes, des mémoires que nous ne pouvons citer ici. On se fera une idée de sa prodigieuse activité dans cet ordre de recherches, en lui voyant mentionner, au cours d'une communication sur le tissu hétéradénique (*Acad. des Sc.*, 25 juin 1855), 550 examens de tumeurs pratiqués en trois ans et demi, pendant qu'il travaillait avec Verdeil à l'achèvement de la *Chimie anatomique* et qu'il se faisait connaître par une foule de publications sur des points spéciaux d'histologie normale, d'anatomie comparée, etc.

Dans le temps même où Lebert et Robin, malgré les divergences qui les séparaient, mettaient en honneur à Paris les recherches microscopiques appliquées à la médecine, le mouvement provoqué en Allemagne par les enseignements de J. Müller et de Schœnlein s'accusait avec une intensité extraordinaire. Les travaux de Schwann et de Henle avaient ouvert la voie féconde dans laquelle s'engageait maintenant toute une phalange de chercheurs. Au premier rang se faisaient remarquer en pathologie, M. Virchow et son collaborateur Reinhardt, qu'une mort prématurée devait enlever peu d'années après. Par quel malheureux enchaînement de circonstances Robin et M. Virchow, deux hommes tendant vers le même but, animés d'un même esprit et d'un zèle égal pour la cause du progrès scientifique, en sont-ils arrivés à se combattre avec acharnement pendant plus de trente ans ? C'est le moment de revenir sur la lutte dont nous avons déjà parlé à propos de l'*irritabilité* et de voir quel en a été en dernier ressort l'influence sur l'évolution des sciences médicales.

Robin avait été en quelque sorte conduit à s'occuper d'anatomie et de physiologie par la chimie et l'histoire naturelle ; il abordait le terrain de la pathologie en s'appuyant à la fois sur les principes de la philosophie positive et sur des sciences qui se trouvaient alors en pleine voie de progrès. C'est ainsi qu'il fut amené à ne voir dans la pathologie qu'un corollaire de l'anatomie et de la physiologie normales. Il en est tout autrement de M. Virchow ; médecin avant tout, M. Virchow n'eut recours aux sciences anatomiques et physiologiques que pour résoudre les problèmes qui se posaient alors en pathologie. Lui-même a pris soin de nous le dire dans un passage de sa polémique contre Robin au sujet de l'irritabilité (1).

(1) « Il (Robin) commence par la matière organisée dépourvue de toute structure, pou-« vant être vivante ou non, puis il passe de là aux éléments anatomiques figurés. C'est « l'étude d'abord chimique, puis histologique; et certainement je ne vois rien qui s'op-« pose en principe à ce que M. Robin suive cette voie dans ses cours sur les principes de

Cette différence de point de départ explique, en effet, très bien les divergences que nous observons dans les tendances, et si l'on peut dire ainsi, dans le tempérament scientifique des deux éminents biologistes.

Robin, anatomiste et zoologiste, voit l'organisme comme un tout, et il l'étudie à un point de vue trop statique; les éléments anatomiques nés par une série de genèses successives dans les blastèmes, se produisant en des points et à des époques déterminées sont décrits par lui avec un soin minutieux, mais comme quelque chose de fixe, ainsi qu'on pourrait décrire, par exemple, les matériaux d'une construction. Tout au contraire M. Virchow, suivant les préceptes de J. Müller, observe les lésions à l'état d'évolution incessante. Bichat avait dissocié les organes au point de vue anatomo-pathologique en distinguant les altérations des tissus; M. Virchow fait un pas de plus en localisant les processus morbides dans les cellules mêmes.

Aussi rien de plus frappant que le contraste qui règne entre les deux doctrines lorsqu'on suit Robin et M. Virchow dans l'interprétation qu'ils arrivent à donner des principaux phénomènes pathologiques. A cet égard, on peut citer en première ligne la question relative à la nature de l'inflammation, question qui faisait alors l'objet de tant de discussions entre les diverses écoles médicales.

En face des théories neuropathologiques et humorales de l'époque, qui voyaient dans l'appareil circulatoire le siège des phénomènes essentiels de l'inflammation, était venue se dresser la doctrine adverse des partisans de l'*irritation*. Pour eux, le fait primordial était une modification irritative des tissus entraînant à sa suite des troubles vasculaires, qui se trouvaient ainsi complètement relégués au second plan. Les tissus sous l'influence de cette incitation morbide *attiraient* avec plus de force les principes nutritifs du sang, d'où le nom de *théorie de l'attraction* sous laquelle on réunit communément les idées émises par Haller, Dupuytren et surtout par Broussais. Cette manière de voir qui s'accordait si bien avec la conception de l'anatomie cellulaire, trouva en M. Virchow un

« l'histologie. Mais tout le monde sait que cette voie n'est pas la mienne. Je suis parti de « la pathologie. C'est pour pouvoir comprendre les phénomènes pathologiques que j'ai « dû faire un retour sur la physiologie et sur l'histologie. Dans ces recherches la ques- « tion de la vie se trouvait réunie à celle des éléments anatomiques et j'arrivai aux élé- « ments vivants, c'est-à-dire aux cellules douées de vie. Ce que je cherchais, ce n'étaient « pas des principes de l'histologie, mais des principes de la physiologie et de la patho- « logie; s'il s'est trouvé en même temps des principes d'histologie, ce n'était là qu'un « produit accessoire de mon travail. » (*Ueber die Reizbarkeit. Eine oratio pro domo. Archiv.* XXIV, p. 157, 1868.)

partisan convaincu. Étudiant, à l'exemple de Küss, le processus inflammatoire dans les tissus non vasculaires, M. Virchow montra que leurs éléments se modifient tout comme ceux des tissus pourvus de vaisseaux. Magistralement formulée, appuyée sur des faits précis, sa théorie de l'irritation inflammatoire s'imposa avec une autorité irrésistible au monde scientifique.

Tout au contraire Robin, qui, comme on l'a vu plus haut, combattit à outrance la conception de l'irritabilité cellulaire, accorda une importance prédominante aux troubles vaso-moteurs et professa jusqu'à la fin de ses jours une théorie très voisine de celle émise autrefois par Henle.

Le premier effet de la théorie de M. Virchow était naturellement d'étendre pour ainsi dire à l'infini le domaine de l'inflammation. Le processus irritatif consistait, en quelque sorte, en une simple exagération des phénomènes normaux, par lesquels se manifeste la vie des cellules; il se présentait comme quelque chose de fort analogue aux phénomènes du développement embryonnaire. Aussi Robin demandait-il ironiquement si ce dernier ne devait pas prendre le nom d'*embryonite*. Il fallait dès lors, ou bien faire rentrer avec Broussais, dans le cadre des phlagmasies, la totalité des phénomènes morbides actifs, ou bien abandonner complètement une conception pathologique qui n'a plus aucune signification précise. C'est ce qu'avaient déjà fait d'ailleurs Magendie, Andral et Vogel, en rayant l'*inflammation* du répertoire nosologique. Mais il faut convenir que ces deux alternatives étaient également peu satisfaisantes en présence du syndrome clinique si caractérisé de l'inflammation.

On sait comment la découverte de Cohnheim est venue depuis détrôner l'attraction cellulaire et replacer dans les vaisseaux la cause première de l'inflammation. Robin qui admettait la genèse sur place des leucocytes néoformés, accueillit avec défiance les travaux concernant la diapédèse. Sans nier précisément l'issue des globules, il soutenait qu'elle ne pouvait avoir lieu que d'une façon passive, après rupture de la paroi des capillaires, et que les rouges sortaient alors en même temps que les blancs. Personne ne songe plus aujourd'hui à dénier aux leucocytes la faculté de locomotion amœboïde à travers les tissus, mais pour la diapédèse inflammatoire on se trouve encore en présence de plusieurs opinions opposées. Le *passage actif* et la *filtration passive*, à laquelle s'était rallié Cohnheim lui-même, comptent l'un et l'autre des partisans autorisés. L'incertitude continue également de régner sur la part qu'il faut faire aux phénomènes intra et extra-vasculaires dans la production de l'ex-

sudat. L'hypothèse actuelle d'une altération primitive des parois vasculaires, de nature encore indéterminée, ne donne qu'une interprétation bien insuffisante des faits, et l'on peut dire avec M. von Recklinghausen, qu'en dépit des obscurités de la théorie pathogénique, la conception clinique de l'inflammation ne perdra pas de sitôt son ancien droit de cité en médecine.

C'est principalement en s'appuyant sur ses observations relatives à l'inflammation parenchymateuse que M. Virchow montra les unités anatomiques comme des organismes élémentaires ayant leur activité propre. L'étude dynamique venait ainsi compléter l'étude statique. A l'histologie quasi inerte de Schwann et de Henle, va succéder l'histo-physiologie avec la pathologie cellulaire, et celle-ci deviendra le point de départ du mouvement actuel en biologie. L'événement a prouvé combien M. Virchow était dans le vrai lorsqu'il disait que la physiologie représente la partie essentielle de la science, parce que seule elle nous met à même de suivre l'enchaînement des faits recueillis par l'anatomie, la chimie, la clinique, etc.

Sur ce terrain il faut bien reconnaître que Robin se trouvait en quelque sorte immobilisé par sa théorie de la formation libre des éléments anatomiques, dont l'évolution lui échappe par suite forcément en grande partie. Dès lors, la localisation des lésions en pathologie perd à ses yeux beaucoup de son importance, subordonnée qu'elle était aux perturbations nutritives de l'économie dans son ensemble, aux altérations les plus élémentaires et conséquemment les plus générales.

Mais cette erreur fondamentale de Robin sur l'évolution cellulaire, ne doit pas, d'autre part, nous faire perdre de vue ce qu'ont de juste et de réellement profond, ses vues en physiologie générale. Ici ses tendances bio-chimiques lui fournissent une base solide et lui permettent de s'avancer fort loin sur un domaine demeuré à peu près inexploré depuis cette époque. M. Virchow ne paraît pas s'être rendu compte de la portée qu'avait cette conception maîtresse de son adversaire : l'état d'organisation (1). Mais faut-il dire qu'ici encore, comme dans l'affaire de l'irritabilité, on pourrait relever une foule de malentendus, de questions de mots venant du manque d'accord sur la signification exacte des termes employés, et aussi de l'excessive rigueur de Robin pour la nomenclature et les étymologies. En l'absence d'une langue scientifique universelle, il arrive

(1) Bien qu'il ait dit lui-même quelque part dans une de ses plus anciennes publications : « Ce qui fait l'essence de la vie, ce n'est pas la configuration extérieure de la « matière momentanément fixée sous forme de cellule, mais la puissance motrice inté- « rieure. »

que les auteurs attribuent souvent la même dénomination à des objets différents. Cet inconvénient devient surtout visible en biologie, où tout se transforme incessamment, où les faits du jour viennent renverser ou modifier les notions de la veille. Enfin il faut bien reconnaître que la manière d'écrire diffuse et souvent obscure, de Robin ne prêtait que trop à retarder l'entente. De là des controverses sans fin et dont l'objet n'est pas toujours suffisamment légitimé.

C'est, à proprement parler, sur le terrain de l'histogénie que les deux adversaires se rencontrèrent pour la première fois et de la façon la plus directe. A la suite de Reichert, avec MM. Kœlliker et Remak, M. Virchow reconnaît la descendance continue de toutes les cellules de l'organisme. Rapprochant des données embryogéniques de ces auteurs les observations de Vogel, Buhl, Eberth, Rindfleisch, etc., et les siennes propres sur la prolifération des cellules dans les tissus pathologiques, il résume dans la formule célèbre *omnis cellula a cellula*, la théorie nouvelle sur la génération des éléments anatomiques. Reprenant en même temps une idée déjà émise par De Blainville (1), M. Virchow considère le tissu conjonctif comme un tissu générateur pouvant donner naissance à la plupart des autres. Il en fait provenir notamment la presque totalité des néoplasmes pathologiques. Sous l'influence d'une irritation formative(2) les cellules des tissus conjonctifs vont proliférer et donner naissance à de petits éléments arrondis, cellules *indifférentes*, *embryonnaires*, *formatives* capables d'évoluer dans une foule de directions variées et qui deviendront cellules osseuses, cartilagineuses, éléments du tubercule, du cancer, etc., suivant les cas. Le tissu des bourgeons charnus est le type de ce tissu indifférent ou embryonnaire, dont les cellules, comme celles de l'embryon, peuvent se transformer sous l'influence d'une irritation appropriée en n'importe quel élément anatomique adulte. De là les dénominations de *cellules* et de *tissu de bourgeons charnus* (Granulationszellen, Granulationsgewebe), fréquemment employées depuis cette époque. M. Virchow donne comme point d'appui à sa théorie les phénomènes de l'ostéogénie tant normale que pathologique. Pour lui, non seulement les cellules du cartilage, du périoste, de l'os et de la moelle dérivent phylogénétiquement les unes des autres, mais on observe même le passage direct d'une cellule du cartilage ou du tissu conjonctif, à l'état de cellule osseuse, etc. C'est ainsi que, suivant l'expression même de l'auteur, « le tissu conjonctif et ses équivalents prenaient

(1) *Organisation des animaux*, 1822.

(2) Voy. ci-dessus, p. LXVII.

« en histogénie pathologique, la place de la lymphe plastique de « Hunter, des blastèmes de Schwann et des exsudats des auteurs « plus récents. » (*Pathol. cell.*, éd. 1862, p. 374.) Exception n'est faite que pour les productions épithéliales et pour celles qui se rapportent aux tissus d'une organisation plus élevée, tels que les tissus nerveux et musculaire.

Il importe de faire remarquer ici que M. Virchow, dans l'exposé de sa doctrine, a pris soin de formuler lui-même quelques réserves (1). Mais les restrictions tout au moins prudentes qu'il faisait, ont été fort oubliées par la suite, et la théorie du tissu embryonnaire est demeurée régnante en anatomie pathologique jusqu'à nos jours. Quand Cohnheim retrouva la diapédèse observée autrefois par Waller, cette théorie fut modifiée en ce sens qu'on transporta aux leucocytes émigrés des vaisseaux le rôle générateur attribué primitivement par Virchow aux éléments connectifs. La confusion en fut encore augmentée : globules blancs du sang et de la lymphe, éléments propres des ganglions lymphatiques, de la rate et des autres organes dits lymphoïdes, cellules du tissu conjonctif, de la moelle des os, tous ces éléments furent confondus et identifiés par un grand nombre d'anatomistes, sous le nom d'éléments ou cellules lymphoïdes. On groupa sous le nom de *sarcomes* toutes les tumeurs constituées par ces éléments; c'est ainsi que les néoplasmes développés aux dépens du tissu lamineux se trouvèrent réunis dans un même groupe, avec ceux issus des follicules clos, des amygdales, des ganglions lymphatiques, de la névroglie rétinienne ou encéphalique, de la moelle des os et de bien d'autres parties.

On comprend si Robin dût s'élever avec vivacité dans ses écrits et dans son enseignement contre une pareille confusion, lui qui attachait tant d'importance à une bonne nomenclature et qui avait consacré tant d'efforts à distinguer les différentes espèces d'éléments anatomiques d'après leur origine et leur évolution, autant que d'après leur forme et leurs caractères chimiques. Et on ne peut méconnaître la jutesse des arguments qu'il invoque contre cette conception des cellules indifférentes ou embryonnaires et contre

(1) « Jusqu'à l'époque où se forment les cellules de granulation, et même pendant « la période caractérisée par leur présence, il est impossible de reconnaître ce qui en « adviendra. Un cancer à ce stade, ressemble à un tubercule. Je ne veux pas dire pour « cela que ces cellules soient tout à fait indifférentes, mais elles nous paraissent telles, « elles ne présentent aucun caractère qui nous fasse reconnaître leur particularité; il « en est comme des cellules de l'embryon dont il nous faut bien admettre qu'elles ren- « ferment déjà, chacune en particulier, quelque chose qui motivera leur développement « ultérieur, bien que cependant nous ne puissions rien en distinguer. »

l'hypothèse de la *métaplasie* ou transformation des tissus les uns dans les autres. Il est bien évident que l'absence, dans un grand nombre de cas, de caractères spécifiques accessibles à nos moyens actuels d'investigation chez les cellules jeunes, ne nous autorise nullement à considérer celles-ci comme identiques, alors qu'elles différeront complètement les unes des autres par leur évolution ultérieure et possèdent en conséquence un potentiel différent, absolument comme les ovules de deux espèces voisines, fort semblables et qui n'en sont pas moins spécifiquement distincts. Pour Robin il n'existe à aucun moment, chez l'embryon, de cellules indifférentes et lorsqu'un tissu prend la place d'un autre, c'est par voie de substitution, non en vertu d'une transformation directe.

Une autre question d'anatomie pathologique qui mit nettement en relief la divergence de méthode et de doctrine existant entre les deux écoles est celle relative à la nature histologique des tumeurs dites cancéreuses. Lebert et Hannover reconnaissaient déjà, il est vrai, une origine épithéliale aux canceroïdes de la peau et des muqueuses. Robin suivant ici Bruch (1847) et Bennett (1849), étend cette origine aux cancers des glandes et des parenchymes. Il établit d'emblée la distinction entre les *hypertrophies glandulaires* et les tumeurs à marche envahissante, qu'on désignait sous le nom de cancers. « L'épithélium hypertrophié a déterminé l'atrophie de la paroi « propre des glandes, et alors la formation de cellules épithéliales « a lieu en dehors de la glande, dans le tissu ambiant, entre ses « éléments. C'est ce qu'on appelle infiltration des tissus par l'épi- « thélium. Une fois la formation de l'épithélium commencée en « dehors des glandes, elle gagne rapidement tous les tissus voi- « sins. Ces productions détruisent peu à peu la glande après l'avoir « distendue, pour ensuite envahir les tissus voisins et former une « des affections les plus graves à cause de cet envahissement. « (*Note sur quelques hypertrophies glandulaires*, 1852). »

Robin montre que le terme *cancer* pris comme synonyme de tumeur maligne, ne se rapporte pas à des objets de même nature : « Le « mot cancer ne désigne donc ni une espèce unique, ni même un « genre ou une classe naturelle de tissus morbides, au point de vue « de l'anatomie et de la symptomatologie... De l'une à l'autre des « espèces de tumeurs appelées cancer, il y a en effet des différences « anatomiques notables, selon le tissu qui en a été le point de dé- « part, différences égales à celles que présentent entre eux les tis- « sus normaux, et ne pouvant être saisies avec toute leur valeur, « qu'autant que déjà on connaît les diverses phases d'évolution de « ceux-ci. Les mots Cancer et son synonyme grec Carcinome, doivent

« donc disparaître de la science, en tant que désignant une espèce « ou même un genre de produits morbides... (*Anat. cell.*, p. 601.) »

De même après avoir déterminé la texture des tumeurs épithéliales envahissantes dans diverses régions du corps, Robin ajoute que « toutes ces tumeurs, loin d'avoir des caractères uniformes et com- « muns comme ceux, par exemple, que présente le tissu adipeux de « toutes les régions à l'état normal, ou le tubercule dans l'ordre « pathologique, offrent quelque chose de spécial pour chacune de « ces régions. De plus, partout cette texture du produit morbide « conserve des analogies avec la texture de l'organe normal, de « manière à pouvoir faire déterminer, d'après l'examen du tissu, « le siège qu'il occupait ; car jamais on ne trouve dans la région « parotidienne, par exemple, une tumeur offrant la texture de celles « de la mamelle et vice versa. (*Acad. des Scien.*, 1855. *Arch. gén.* « *de medecine*, 1856.) »

Les descriptions que donna Robin à l'appui de ces vues nouvelles, sont d'une exactitude scrupuleuse ; les moindres faits anatomiques sont relevés avec soin, et il n'en est aucun qu'on ne puisse vérifier aujourd'hui après trente ans, malgré l'évolution de nos connaissances pendant ce temps sur la pathologie des tumeurs. C'est ainsi que les épithéliomas les moins atypiques de certaines glandes montrent les formations en « doigts de gant » si longuement décrites par Robin dans ses premiers mémoires sur les hétéradénomes. Ces formations peuvent se retrouver à distance, comme il l'indique, dans les ganglions axillaires par exemple, pourvues d'une cavité centrale et présentant une ressemblance frappante avec des acini glandulaires. De même la transformation hyaline de la charpente lamineuse, dans les tumeurs dites *cylindromes*, peut conduire dans quelques cas à la production de gaînes translucides entourant les cylindres épithéliaux hétérotopiques, et qui simulent ainsi une paroi propre adventice, telle qu'elle se trouve signalée par Robin dans certains *hétéradénomes* (1). Enfin les nombreux travaux publiés au cours des dernières années sur ce groupe de néoplasmes, n'ont ajouté que peu de chose à sa description des corps oviformes répondant à des végétations du tissu conjonctif qui subissent la dégénérescence dite hyaline.

Pendant que Robin faisait faire à la pathologie ces progrès décisifs l'école de M. Virchow partant des théories que nous avons

(1) Voy. sur ce point : Malassez, *Sur le Cylindromé*, Arch. de Physiol., 1883. — Herrmann et Tourneux, *Hétérotopie consécutive à un épithélioma du sein*. Journ. de l'Anat., 1876. — Paquet et Herrmann, *Épithélioma de la glande de Cowper*, Ibid., 1884. — Herrmann et Lesur, *Épithéliomas de la mamelle*, Ibid., 1885.

exposées, en arrivait à donner du cancer une définition anatomique unitaire : Les tumeurs cancéreuses sont celles qui sont nées au sein du tissu conjonctif par prolifération des cellules fixes de celui-ci ; ces cellules prennent peu à peu les caractères de la cellule cancéreuse spécifique de Lebert ; ainsi se trouve constitué le *carcinome alvéolaire* (fibrome alvéolaire, Cornil et Ranvier) formé d'un stroma de tissu conjonctif creusé d'excavations que remplissent des cellules polymorphes avec un liquide plus ou moins abondant. C'est là, comme on voit, un véritable *tissu spécifique* sans analogue dans l'économie normale, qui vient succéder à la cellule spécifique. Il faut ajouter que cette solution simple et commode fut accueillie avec faveur dans le public médical. On se contenta dès lors, de constater la *structure alvéolaire* caractéristique du carcinome. Les travaux de Robin tombèrent dans l'oubli. Les recherches isolées de Cornil (1), Billroth (2), Rindfleisch (3), Steudener (4), etc., demeurèrent sans écho et ce n'est qu'après la publication de deux mémoires de M. Waldeyer (5) que la théorie épithéliale du cancer fut discutée de nouveau. C'est de cette époque que date le revirement qui s'est produit depuis quelques années en faveur des opinions de Robin. Aujourd'hui la plupart des auteurs d'anatomie pathologique admettent l'origine épithéliale des soi-disant carcinomes, tout en formulant quelques réserves sur la possibilité de l'accroissement consécutif des épithéliomas par apposition de cellules embryonnaires (leucocytes, etc.) transformées. D'autres, poussant plus loin l'éclectisme, admettent conjointement l'existence d'épithéliomas à marche envahissante et du carcinome de nature conjonctive. Ces hésitations ne prendront fin que lorsqu'on connaîtra d'une manière satisfaisante les modifications pathologiques du tissu cellulaire et des vaisseaux dans les néoplasmes pathologiques. Nous citerons, pour finir, un passage de Klebs qui résume exactement les idées courantes sur cette question, passage où il est dit que « l'évolution spéciale du carcinome « n'est pas due simplement à des altérations du tissu interstitiel, « mais qu'elle dépend tout particulièrement d'une modification des « propriétés biologiques des épithéliums, modification à laquelle « ces derniers doivent leurs propriétés infectieuses et la faculté de « se répandre au loin dans l'organisme. »

C'est bien là la pensée de Robin, mais qu'il formule avec une

(1) Journ. de l'Anat., 1864-1865.
(2) Voy. Pitha u. Billroth, *Handb. der Chirurgie*, 1865.
(3) *Histol. pathol.*
(4) Virch.'s Arch., 1868.
(5) Virch.'s Arch. 1867 et 1872.

précision bien plus grande, lorsque décrivant l'envahissement d'un os par un épithélioma, il nous montre les éléments de la tumeur occupant dans l'os « de petites cavités dont ils ont déterminé la « formation en comprimant la substance osseuse, parce que leurs « propriétés de nutrition, de développement et de naissance sont « plus énergiques que les mêmes propriétés dans le tissu osseux. » (*Naissance des éléments anatomiques*, Journ. de l'Anat., 1865.)

Malheureusement sur ce point, comme sur tant d'autres, l'obstination de Robin dans sa doctrine de la genèse l'empêche de reconnaître la provenance exacte des éléments envahisseurs. C'est ainsi qu'il admet que les hétéradénomes naissent à côté des glandes normales, mais indépendamment d'elles; que les tumeurs secondaires dont la pathogénie s'explique naturellement par le mécanisme de l'embolie, se forment soit aux dépens de blastèmes semblables à celui qui a produit la lésion primitive, soit (pour les ganglions lymphatiques) par la transformation des épithéliums nucléaires en cellules semblables à celles du cancer.

La même cause d'erreur qui faisait méconnaître aux disciples de M. Virchow la part prépondérante revenant aux épithéliums dans la production des carcinomes, les égare aussi dans la description qu'ils donnent des tumeurs adénoïdes. Ici encore ils reportent toute l'origine de la néoplasie au tissu conjonctif, n'attachant qu'une importance secondaire aux modifications présentées par les éléments sécréteurs. Sous l'empire de cette idée la notion d'hypertrophie glandulaire disparaît complètement: les adénomes de la mamelle décrits par Lebert, Robin et Broca, font place dans la classification de M. Virchow aux fibromes, sarcomes, myxomes du sein. On ne voit plus que le tissu sans se préoccuper de la constitution de l'organe malade, et c'est ainsi qu'on en arrive également à confondre dans un même groupe certaines tumeurs glandulaires et les môles hydatiformes du placenta.

Signalons encore les tumeurs à myélocytes, dont Robin a soutenu dès le premier jour la nature nerveuse (1). Au nom de tous les caractères physico-chimiques de la névroglie, il ne cesse de protester contre l'assimilation faite par M. Virchow de ce tissu et du tissu conjonctif.

Nous pourrions encore citer ici, sans espérer d'épuiser la liste des travaux de Robin en pathologie, ses recherches sur les tumeurs dérivées de la moelle des os, sur les tumeurs fibro-plastiques, sur celles qui se forment aux dépens des follicules dentaires, etc. Qu'il nous suffise d'avoir caractérisé la tendance de Robin en ana-

(1) Voyez ci-dessus, p. XXXVI.

tomie pathologique. On peut dire de lui que développant le principe posé par J. Müller, d'étudier les altérations des tissus et des organes comparativement aux parties normales correspondantes envisagées à leurs différentes stades d'évolution, Robin ajoute à l'excellence de cette méthode, tous les avantages que lui donne sa conception si nette des divers degrés de l'état d'organisation, de la spécificité des éléments anatomiques, du rôle des altérations des principes immédiats, de tout ce qui constitue, en un mot, sa doctrine biologique. Il arrive ainsi à formuler sur bien des questions de pathologie des vues dont la justesse n'a été reconnue que longtemps après, et le sera probablement de plus en plus.

X. — Travaux de pathologie (suite). — L'École étiologique. — L'état virulent. — Les doctrines bactériennes. — Objections.

Il nous reste à parler de l'attitude de Robin en face des doctrines médicales actuellement régnantes et dont les travaux de M. Pasteur ont été le point de départ.

Laennec avait dit excellemment (1) : « Tout ce qu'il est donné à « l'homme de voir et de connaître dans une maladie se réduit à cinq « sortes de choses : 1° ses causes ; 2° les altérations des organes ou « des liquides qui peuvent l'accompagner ; 3° le trouble qui existe « dans les fonctions ; 4° la marche que suit la maladie et que l'on « peut quelquefois prévoir ; 5° le traitement qui est indiqué. »

De ces cinq branches de la médecine, la seconde et la troisième sont précisément dans une dépendance absolue de l'anatomie et de la physiologie normales. Il ne saurait plus être question pour personne d'envisager les altérations matérielles des organes et les troubles fonctionnels indépendamment de l'état normal correspondant. Mais déjà, à l'époque du plus grand triomphe de l'École anatomique représentée tout à la fois en France et en Allemagne, malgré de profondes divergences, par MM. Virchow et Robin, déjà la connaissance de la *marche générale* des processus morbides appuyée sur la symptomatologie clinique et jointe aux résultats de l'expérimentation thérapeutique montrait clairement que le domaine médical s'étend au delà de la recherche des lésions tant organiques que fonctionnelles. Mais ce n'était qu'un pressentiment. Et pour tous les esprits la clarté des faits anatomo-pathologiques l'emportait d'emblée sur les données plus vagues et moins facile-

(1) Introd. au Traité inédit d'Anat. pathol., publiée par V. Cornil, 1884.

ment contrôlables de la seméiotique. S'il s'est fait depuis lors un revirement de plus en plus prononcé à cet égard, on peut en faire remonter la cause au développement rapide de la pathologie expérimentale qui a mis en évidence un facteur jusqu'ici relégué à l'arrière-plan, le facteur étiologique. Laennec, à la vérité, faisait peu de cas de l'étiologie ; mais il n'en fut pas de même de Lebert (1), et on put voir, en 1863, Ch. Schützenberger (2) proclamer à Strasbourg la prédominance du principe étiologique dans la spécification des maladies.

On peut aujourd'hui regarder comme définitivement établi dans la science le principe de l'autonomie réelle de la pathologie ; on a reconnu la possibilité de distinguer les espèces morbides en se fondant sur l'étiologie. Après le nosologisme ancien et l'anatomisme s'est ouverte une ère nouvelle pour la pathologie générale. Mais Robin, en raison même du champ d'observation qu'il s'était tracé, demeure forcément étranger à ce mouvement. Il faut bien dire d'ailleurs que cette réaction contre la domination exclusive de l'anatomisme n'a pas tardé à dépasser le but, et il n'est pas sans intérêt de constater qu'ici Robin et M. Virchow, séparés sur tant de points, vont formuler à peu près les mêmes réserves en présence des exagérations de la doctrine bactérienne, et revendiqueront par des arguments de même ordre les droits méconnus de l'anatomie et de la physiologie.

Robin à sa place assez curieusement marquée dans l'histoire des

(1) « L'anatomie pathologique doit donc servir la pathogénie et non la dominer. « Bien d'autres branches de nos études, parmi lesquelles nous plaçons au premier rang « celles qui ont trait à l'étiologie, pourvu qu'elles soient faites avec toute la rigueur « du naturaliste, doivent concourir à fonder la philosophie expérimentale et la science « des ressources thérapeutiques du médecin. » Lebert, *Introd.* au *Traité d'anatomie pathologique*, 1854.

(2) « La légitimité de la pathologie spéciale admise, quels sont les principes à l'aide « desquels on peut constituer l'*espèce morbide?* En première ligne et nécessairement « nous rencontrons le *principe étiologique*. En face d'un type immuable d'organisa- « tion, la diversité et la spécialité des causes apparaissent comme condition première « de la spécialité et de la diversité des maladies. Le principe étiologique, s'il pouvait « être rigoureusement suivi, serait à la fois le plus scientifique et le plus pratique. Le « plus scientifique, parce qu'il fonderait l'espèce morbide sur la nature même des « choses, sur le rapport nécessaire entre la cause et son effet, entre les conditions « pathologiques et les manifestations phénoménales de la maladie. Le plus pratique, « parce qu'il permettrait de reconnaître la cause par ses effets et de déduire en « même temps toute l'évolution morbide de la cause connue; enfin, parce que ce prin- « cipe fournirait à l'expérimentation clinique une base solide, des espèces bien déter- « minées, et à l'indication (thérapeutique) la notion de l'élément causal, d'une impor- « tance prépondérante.... » Schützenberger, *Fragments de philosophie médicale*, p. 281.

doctrines qui ont révolutionné la médecine depuis quelques années. Le premier, il a montré que les êtres si improprement appelés « microbes » par Sédillot, sont véritablement des cryptogames, des plantes, se rattachant, du moins par leurs caractères essentiels, à ce qu'on est convenu d'appeler le Règne végétal, que Robin crut d'abord à tort distinct du Règne animal (1). Il avait, au début de sa carrière, résumé dans une thèse ce qu'on savait alors de la fermentation ; et avec cette netteté de conception presque tranchante qu'il apportait en tout, nous le voyons définir comme par avance ces mots : *fermentation*, *virus*, *virulent*, qui vont jouer un si grand rôle dans les préoccupations contemporaines de la biologie. Plus tard, en 1882, s'appuyant surtout sur les vues de M. Pasteur, il rejette l'hypothèse de Mitscherlich et de Liebig consistant à voir dans les fermentations ce qu'on appelait une « action de contact », et le premier il ramène catégoriquement les fermentations à des cas particuliers de la nutrition des végétaux : « Les cellules « cryptogamiques libres, des levûres ou ferments, dit-il, par suite « des actes assimilateurs, puis désassimilateurs, donnent lieu na- « turellement à la formation de celluloses, de sucres non cristalli- « sables, puis à celle de sucres cristallisables, et finalement à de « l'acide carbonique et de l'alcool. Elles le font de la même ma- « nière que naturellement aussi le font les cellules cohérentes des « pommes en voie de maturation ou les cellules du foie pour le « glycogène, puis le glycose successivement. Pour les unes comme « pour les autres, c'est en elles, dans leur intimité substantielle ou « moléculaire, et non hors d'elles, à leur contact, en leur présence, « autour d'elles, que le sucre se décompose, que se forment l'alcool « et l'acide carbonique qu'elles éliminent à mesure qu'elles en sont « saturées. Elles se nourrissent et se développent en un mot comme « tous les cryptogames quelconques en général.

« Lorsqu'on fournit abondamment à ces cellules du sucre tout « formé d'avance hors d'elles, avec des composés ammoniacaux ou « azotés (au lieu de les laisser dans des conditions ordinaires de « nutrition hors d'un liquide sucré, former successivement dans « leur épaisseur du sucre à l'aide de leur cellulose, puis de l'al- « cool et de l'acide carbonique rejetés comme produits excrémen- « titiels), elles assimilent alors le sucre directement sans être ame- « nées à le former graduellement, puis le dédoublent en quantité « qui croît avec leur nombre et leur poids. L'énergie et la rapidité « du dédoublement en acide carbonique et alcool, qui caractérisent « la fermentation, phénomènes homologues de la formation de

(1) Voy. p. XXVI.

« l'urée des animaux, etc., sont proportionnelles à celles de l'assi-
« milation du sucre tout formé ; mais cela s'accomplit sans qu'il y
« ait changement de nature dans les phénomènes nutritifs fonda-
« mentaux ; sans que les choses aient lieu autrement que lorsque
« le sucre n'étant pas fourni tout formé aux cellules, celles-ci le
« produisent d'abord, à la manière de ce qui se passe lors de la
« croissance, puis de la maturation des pommes. » (Art. *Organisation* du *Dictionnaire encyclopédique.*)

Nous avons tenu à reproduire en entier ce long passage pour bien établir ce qu'il faut entendre par fermentation, laquelle n'est qu'un cas particulier de la nutrition des plantes, et dans celle-ci de la désassimilation spécialement. Il y a deux choses en présence : l'espèce végétale (torule de la levûre, amylobacter, bactérie, peu importe) et le composé chimique de plus ou moins faible stabilité qui lui sert d'aliment. Nous pouvons dire que le cryptogame modifie son milieu ambiant, mais c'est une façon détournée d'exprimer le résultat de l'activité nutritive du végétal. Le milieu ambiant n'est modifié en réalité que par les substances que le corps vivant en enlève pour se nourrir et par celles qu'il y rejette comme résultat de sa nutrition.

Mais il peut arriver — notons de suite cette particularité — que des substances d'origine organique, bien que n'ayant aucune structure cellulaire, vont se montrer ici avec une action complètement identique à celle de certains ferments figurés. Cette manière d'interpréter le rôle des ferments figurés d'une part, et de l'autre ce rapprochement entre leur action et celle des substances amorphes dont nous parlons, ne sont plus discutés aujourd'hui ; ils sont acceptés tout entiers par M. Duclaux, un des disciples les plus distingués de M. Pasteur et qui a été comme son porte-parole dans notre haut enseignement. D'après cet auteur (1), la présure commerciale desséchée, pulvérulente, transportée au loin par le vent, a une action essentiellement identique à celle du cryptogame (ferment lactique) qui aigrit le lait en formant de l'acide lactique aux dépens du sucre de lait (2). De même une autre diastase, la *caséase*, va liquéfier la caséine exactement comme font les cryptogames qui en provoquent la dissolution (3).

Robin a donc raison de remarquer que partout où il y a ferment, il y a fermentation, mais que l'inverse n'est pas vrai : il peut

(1) *Le microbe et la maladie*, 1886.
(2) Duclaux, *Le Microbe et la maladie*, p. 105.
(3) Duclaux, *Ibid.*, p. 107.

y avoir fermentation sans ferments. Tel est le cas de la fermentation alcoolique de la glycose dans le tissu des pommes en voie de maturation (1), dans celui des champignons hyménomycètes (2). On sait que cette question des fermentations sans ferments occupait Claude Bernard quand la mort l'a enlevé. Ces faits de divers ordres démontrent tout au moins que la substance organisée peut puiser parfois en soi la raison d'être d'actions chimiques — de certaines actions chimiques, si l'on veut — que nous plaçons communément en dehors d'elle, parce que nous les voyons provoquées le plus souvent par des êtres ou des causes extérieures.

Cette tendance à extériorer ainsi, relativement à l'organisme, la première origine des altérations survenues en lui, a conduit à de singulières confusions. Ainsi on a interprété d'une façon absolument antiscientifique, l'action réciproque de la bactérie dont on fait la cause d'une maladie déterminée, et de l'organisme où elle évolue. Et on nous parle, comme fait M. Virchow, du *combat* de la bactérie avec la cellule, dans le corps menacé de ses ravages; ou c'est M. E. Metschnikoff nous dépeignant les leucocytes et d'autres cellules comme des êtres voraces qui se jettent sur tout ce qu'ils rencontrent, pour le dévorer. De là même est venue la dénomination nouvelle de *phagocytes*, qu'il leur donne, et celle de *phagocytose* appliquée à l'accumulation ou prolifération de ces cellules autour des corps étrangers introduits dans l'organisme, même alors qu'ils sont parfaitement inertes. Cela seul ne suffit-il pas à montrer le peu de fondement d'un tel rapprochement avec des animaux attirés par une proie? à moins de supposer dans l'élément anatomique la faculté de raisonnement et par suite d'erreur (3).

Rien n'est plus antiscientifique, disons-nous, qu'une telle conception et plus propre à égarer l'esprit sur la portée des activités en présence. Cette prétendue lutte où tantôt le cryptogame, tantôt la cellule triomphe, où le bacille est le Barbare tombant au milieu du Monde civilisé représenté par les cellules constituant le corps de l'animal; tout cela n'est que rhétorique, comme on dit aussi que l'organisme lutte contre la maladie, contre la mort; autant de conceptions imaginatives où la littérature peut trouver son compte, mais dont le moindre inconvénient est de décéler la connaissance insuffisante des conditions d'existence de la matière organisée sur lesquelles Robin avait tant de raison d'insister, et l'incertitude des

(1) Le Chartier et Bellamy, *Comptes rendus*, 1872, t. LXXXV, p. 1204.

(2) Muntz, *Ibid.*, 1875. T. LXXX, p. 180.

(3) Voy. Metschnikoff. *Fortschritte der Medicin*, 1885, n° 17. Trad. *Rev. scientif.*, 27 mai 1886.

actions qu'on essaie ainsi de traduire dans un langage aussi coloré que peu exact.

Nous parler d'une lutte du cryptogame schizomycète et du plasma sanguin (car c'est le plasma bien plus que les éléments des tissus qui est immédiatement en contact avec lui), c'est nous raconter la *lutte* de la graine et du terrain où elle tombe. Nous parler de bacille tué dans le cytoplasme du leucocyte qui l'a rencontré et enveloppé comme il fait de tout corps dans les mêmes circonstances, c'est nous redire la mort d'une graine à mince pellicule au contact du suc gastrique. Dans tout cela, sauf l'enveloppement du bacille par le leucocyte, les forces physico-chimiques sont seules en jeu. Pour le cryptogame, bactérie ou autre, porté dans l'organisme, celui-ci est un terrain favorable ou non, voilà tout. S'il n'y trouve que peu ou n'y trouve point les conditions indispensables à son développement et à sa multiplication, il végète, il meurt. Il pullule si le milieu où il est tombé, est particulièrement propre à son existence individuelle et à sa multiplication.

L'argument qu'on voudrait quelquefois tirer d'une nature spéciale des bacilles, bactéries, vibrions, comportant pour ces êtres des lois particulières d'existence et de développement, n'est pas seulement en contradiction avec les faits d'observation, qui nous conduisent graduellement des végétaux plus compliqués et plus volumineux à ces végétaux plus simples et plus petits, par une foule d'intermédiaires; il ne tendrait à rien moins qu'à rejeter de tels êtres en dehors du monde organique pour en faire une sorte de règne à part dans la Nature. Evidemment tout se réduit dans l'action réciproque des bactéries et de l'organisme à des phénomènes végétatifs, à rapprocher — en tenant compte des différences propres à chaque espèce, à son stade évolutif, à son activité — des phénomènes qui se passent toutes les fois qu'un être vivant se développe sur un autre. Il n'y a d'action réciproque que celle des emprunts que fait le végétal à son hôte et celle des produits de sécrétion qu'il verse en lui, sans combinaison possible du mouvement nutritif des deux êtres, qui gardent chacun leur individualité, et qui ne peuvent en définitive échanger de la sorte que des principes immédiats de la première et de la seconde classe.

Robin, pour toutes les raisons que nous venons d'exposer, devait être fort peu partisan de la spécificité pathogène des bactéries. Il avait, au contraire, bien avant l'éclat des doctrines pastoriennes, nettement défini l'état virulent comme une manière d'être de la substance organisée. « De même, dit-il, qu'il n'y a pas de chaleur « séparable des corps, mais des variations de température, des états

« relativement chauds et froids de la matière, de même, il n'y a pas « de virus en tant qu'espèces de corps ou principes pondérables et « isolables. Les virus existent en tant que mouvement, état d'activité « anormal, pathologique de la substance organisée, non en tant que « matière isolable, séparable et tangible. A ce point de vue, il y a viru-« lence, état virulent de la matière organisée, presque toujours « accompagnée, comme partout où il y a altération, du développe-« ment et de la reproduction de schizomycètes. » (*Nouveau dictionnaire*, 1885.) Il n'est pas sans intérêt de rapprocher de cette opinion de Robin proclamant l'immanence de l'état virulent comme attribut de la matière organisée, cette déclaration toute récente de M. Duclaux (1886) : « qu'on ne connait pas les diastases à l'état pur « et qu'aucun procédé ne les fournit débarrassées de la matière or-« ganique inerte dont elles s'accompagnent dans le liquide de sé-« crétion » (1).

L'état virulent transmis de proche en proche d'une parcelle infinitésimale à un poids considérable de matière vivante, est un phénomène dont il est bon, en passant, de noter l'analogie avec certaines réactions purement chimiques, telles que la combinaison de proche en proche de l'eau et de l'acide sulfureux, sous l'influence d'une seule molécule (au moins théoriquement) d'acide azotique. On pourrait citer d'autres exemples; il suffira de remarquer la parfaite similitude qu'a l'expression quantitative des phénomènes de cet ordre, avec celle de la multiplication indéfinie, par scissiparité, des cryptogames schizomycètes.

Robin, jusqu'au dernier jour, est resté fermement attaché à la théorie de la virulence telle qu'il l'avait formulée dès le début. Il a même, vers la fin de sa vie, indiqué sommairement quelques objections que l'on peut présenter à la façon actuelle de comprendre la pathologie, conforme aux « doctrines microbiennes » (2). En essayant de présenter à notre tour ces objections, avons-nous besoin de protester de notre admiration pour les travaux de l'homme considérable dont le nom résume aujourd'hui la médecine nouvelle et rayonne d'un éclat si grand sur toute l'Europe? « L'atténuation des virus » (quel que soit le phénomène intime ainsi désigné) réalisée expérimentalement est une des plus grandes découvertes dont doive s'honorer et se réjouir l'humanité. Elle en place l'auteur à côté de Jenner. Ce que l'un avait découvert par des observations d'une sagacité profonde, M. Pasteur le réalise par

(1) *Le microbe et la maladie*, p. 105.

(2) Expression de M. Pasteur. Voy. *Lettre à M. Verneuil*, 26 fév., dans *Gaz. hebdomadaire*.

des séries d'expériences entreprises avec une magistrale ingéniosité. Le grand homme de science français reste donc en dehors du débat et son nom le domine. Il ne s'agit point de contester les faits d'expérience indiscutables sur lesquels il appuie sa doctrine. Nul n'y a jamais songé et Robin moins que personne. Le seul but que nous puissions nous proposer ici, est d'essayer de ramener les phénomènes visés par la pathologie bactérienne, à leur véritable valeur; de montrer les points précis qui sont hors de discussion et ceux qui sont peut-être susceptibles, dans l'état actuel des sciences, d'une interprétation un peu différente de celle qu'on en donne.

Une première objection aux doctrines microbiennes est la ressemblance, pour ne pas dire l'identité morphologique absolue des cryptogames pathogènes auxquelles on attribue cependant les maladies les plus différentes (charbon, fièvre typhoïde, dyssenterie, choléra, phtisie, etc.). Et d'autre part, distinguer dans ces cryptogames si complètement identiques, autant d'espèces d'après les effets produits sur le milieu, c'est ruiner toute méthode botanique. Robin insistant sur ce point (1), dit très justement : « qu'une détermination spécifique faite en dehors de la connaissance de l'évolution complète des individus, résumée ou non dans une phrase linnéenne, reste sans valeur » (1). Il s'en faut en outre et de beaucoup que ces cryptogames, si singulièrement semblables malgré qu'ils causent une foule d'affections différentes, aient même été positivement rencontrés dans toutes les maladies qui offrent une marche symptomatique analogue à celles où on les signale. Voici donc un premier point : *La spécificité des cryptogames pathogènes est loin d'être démontrée et les faits parlent contre cette hypothèse fondamentale des théories actuellement régnantes.*

Un second fait d'expérience est le suivant : *L'organisme à l'état normal abrite toujours dans ses cavités, dans ses humeurs, dans ses tissus, un grand nombre de cryptogames appartenant précisément au groupe des schizomycètes que l'on trouve en abondance dans certaines affections pathologiques.*

Nous ne parlons pas ici des microzymas. La théorie soutenue avec une opiniâtreté si respectable par M. Béchamp et sur laquelle l'attention se fixait encore récemment à l'Académie de Médecine, paraît peu défendable. M. Béchamp admet que les « granulations azotées » décrites dans un grand nombre d'éléments anatomiques,

(1) Voy. *Remarques sur les fermentations bactériennes.* Journ. de l'Anat., 1879.

(2) Voy. sur cette question encore pendante, E. Huppe. *Die Formen der Bacterien.* Wiesbaden, 1886.

sont des êtres *autobies* susceptibles, sous des influences déterminées, de se transformer en bactéries (celles de la putréfaction, de diverses maladies, etc.). Cette théorie ne pourrait être vraie tout au plus qu'en partie. La substance contractile et par conséquent essentiellement vivante des fibres musculaires, des leucocytes, des pseudopodes des Radiolaires, etc., est hyaline, transparente comme le cristal le plus pur; ce n'est qu'après la mort que le microscope y voit apparaître des granulations, comparables à celles que la coction ou l'action de certains réactifs font naître dans l'albumine. Les microzymas n'ont donc pas l'universalité que leur suppose M. Béchamp; ils manquent absolument dans des substances où l'état d'organisation se révèle par ses manifestations les plus élevées.

M. Béchamp admet qu'après la mort et pendant la vie dans certaines circonstances, les microzymas deviennent bactéries, se développent en bactéries comme font les granulations d'une zooglée telle que celle de *Leptothrix buccalis* autrefois décrite par nous (1). Ces granulations présentent en effet parfois un aspect très voisin de celui que la coagulation fait apparaître dans un grand nombre de substances organisées, homogènes et hyalines pendant la vie. Il est possible que M. Béchamp ait été induit en erreur par la présence — plus commune qu'on ne le croit généralement — de bactéries dans les tissus et les humeurs des êtres vivants supérieurs. Leur petitesse est une excellente condition de pénétration. Nous avons signalé, il y a longtemps déjà, l'existence de vibrioniens actifs dans le sang des Crustacés, dans la rate des Poissons plagiostomes. M. Ch. Richet a d'ailleurs démontré depuis lors la présence très fréquente de bactéries dans le sang des poissons (2). Et tout récemment M. Bizzozero a noté l'existence constante de ces mêmes bactéries dans les follicules lymphatiques de l'intestin du lapin (3). On s'explique très bien dès lors qu'elles puissent être versées dans le torrent circulatoire. C'est là sans doute la cause du succès des expériences dans lesquelles M. Béchamp et ses disciples ont obtenu des bactéries aux dépens de fragments de foie enlevés et isolés avec toutes les précautions voulues pour qu'aucun germe atmosphérique y pût tomber (4). On doit en somme regarder

(1) *Sur une variété morphologique du Leptothrix buccalis*. Soc. de Biol., 1864.

(2) *Microbes chez les poissons*. Soc. de Biol., 4 nov. 1882.

(3) *Sulla presenza costante di Batteri nei follicoli linfatici dell'intestino di Coniglio* (*Archivio per le scienze medice.*, vol. IX, n° 18.) Acad. de méd. de Turin, 6 mars 1885.

(4) Rappelons que Robin avait déjà signalé ce fait, qu'on trouve des bactéries dans le sang acide des veines sushépatiques sur le cadavre après certaines maladies (voy. *Anat. et Phys. cell.*, p. 539).

comme probable que chez tout Mammifère, dans le sang en circulation, au milieu des tissus, existent des bactéries (indépendamment de celles des cavités, digestive, etc.) en nombre plus ou moins grand, soit à l'état de filaments, soit à l'état de micrococcus. On conçoit d'autre part que les observations que nous pouvons faire sur un animal vivant, ne soient jamais assez complètes pour affirmer qu'un de ces cryptogames ne s'y trouve pas. Végétant pauvrement dans les conditions normales de la santé de son hôte, qui ne sont pas pour lui les conditions favorables, il va se multiplier dès que se produira chez l'hôte quelque altération que ce soit, rapprochant les tissus ou les humeurs de celui-ci, de l'état cadavérique, c'est-à-dire de l'état favorable par excellence au développement du cryptogame.

Nous sommes ainsi conduits à la question depuis longtemps posée et qui n'a pas encore reçu, quoiqu'on puisse dire, sa solution définitive : Les cryptogames, dans les maladies *relativement rares* où on les observe d'une manière constante et en abondance assez grande pour qu'on leur puisse attribuer raisonnablement une influence nocive, sont-ils *cause* ou *effet?* Est-ce la bactérie charbonneuse qui, tombant dans le plasma sanguin, produit le charbon? est-ce le mal charbonneux, venu d'une autre source à rechercher, qui fourni tout à coup à ces bactéries sporadiques existant dans le corps des animaux, et probablement des animaux domestiques plus que les autres, les conditions favorables à une prolifération excessive? Sans compter que des bactéries auront pu être introduites en même temps que l'agent morbifique.

Nous ne voulons pas nous arrêter à une objection qui n'est pourtant pas non plus sans valeur, à savoir : que l'intensité du mal n'est pas le plus souvent proportionnelle au nombre des cryptogames développés dans l'organisme.

Nous arrivons à l'argument fondamental et qui est comme la pierre angulaire de toute la doctrine : au fait des cultures artificielles. C'est là, sans contredit, un des plus beaux résultats atteints par M. Pasteur. Mais ne s'est-on pas trop hâté d'admettre qu'en multipliant dans des milieux artificiels les bactéries recueillies avec du sang charbonneux (pour prendre l'exemple le plus typique), on éliminait rapidement toute influence nocive pouvant remonter aux humeurs où étaient plongées les premières bactéries mises en culture? Évidemment, s'il était démontré que les choses sont bien ainsi, la propagation de la maladie par le fait exclusif des bactéries, serait incompatible avec la conception de l'état virulent tel que le concevait Robin. Et peut-être eût-il le tort de chercher

à accorder les deux choses. Il paraît admettre, lui aussi, dans les derniers temps, que la bactérie porte exclusivement en elle-même le principe pathogène. Dès lors il ne voit plus plus qu'une explication possible : c'est que le cytoplasme de la bactérie, au contact de la matière virulente de l'animal-terrain, est devenu lui-même virulent, s'est transmis virulent aux bactéries nées par multiplication de la première, et finalement que cette virulence se trouve de nouveau transportée du cytoplasme cellulaire du cryptogame à la substance organisée normale sur laquelle on le met vivre à nouveau. Et il conclut : « Le mal qu'on peut ainsi cultiver, conserver, « multiplier, serait de la sorte au moins temporairement une pro- « priété physiologique immanente à l'organisme cryptogami- « que (1). » Notons ce point, Robin dit « temporairement ». Les bactériologistes admettent à la fois que le cryptogame est cause de la maladie et porte en lui la faculté d'atténuation, ils reconnaissent d'ailleurs que cette atténuation peut aller jusqu'à sa dernière limite, c'est-à-dire jusqu'à disparaître. Mais alors la virulence n'est donc dans le cryptogame qu'une proprieté transitoire (2) ? N'est-ce pas là le plus fort argument contre la spécificité pathogène des schizomycètes, c'est-à-dire contre le fondement même de la doctrine bactérienne ?

Mais cette explication de Robin n'arrive pas encore à lever toutes les difficultés. En eflet, si l'on admet avec lui que l'état virulent est un mouvement moléculaire d'un ordre spécial, il aura nécessairement pour condition essentielle la continuité de substance. Et comme d'autre part il semble essentiellement propre aux matières albuminoïdes vivantes ou non, on ne comprend plus bien comment cet état pourra se transmettre du terrain où vit la bactérie, au cytoplasme de celle-ci isolé par l'enveloppe cellulosique, et inversement être transmis de nouveau du cytoplasme de la bactérie à la substance vivante cellulaire ou amorphe d'un nouvel animal, à travers cette même enveloppe. Aussi Robin est-il conduit en définitive à se demander « si à côté de champignons dont la présence « serait peut-être seulement un épiphénomène, il n'y a pas des ma- « tières virulentes inoculables, contagieuses qui ont été conservées « et transmises avec lui-même (3) » ?

(1) *Nouveau dictionnaire abrégé.*

(2) Ce serait le cas en particulier du micrococcus du choléra des poules (voy. M. Duclaux. *Ouv. cité*, p. 161). M. de Ranse dans une discussion récente à l'Académie de Médecine a très fortement et très justement insisté sur ce point (voy. *Le Temps* du 4 mars 1886).

(3) *Nouveau dictionnaire abrégé.*

Peut-être nous sera-t-il permis de présenter ici quelques considérations qui nous sont personnelles, dont nous nous sommes parfois entretenu avec notre maître. Elles ne s'appuient, hâtons-nous de le dire, sur aucun fait d'expérience, mais peut-être conviendra-t-on qu'elles en appellent de nouvelles, précisément en ce qui concerne l'étude analytique des phénomènes intimes qui se passent dans les liquides de culture. On part de ce principe, avons-nous dit, qu'en multipliant convenablement les cultures, on isole complètement la bactérie du charbon, que nous avons prise pour exemple, de toute parcelle matérielle, aussi bien que de toute influence provenant de l'animal malade où le cryptogame a été recueilli. On admet que si l'état virulent s'est conservé dans des cultures successives, il y a été successivement porté par les cryptogames seuls. En est-il bien ainsi? Ne pourrait-on supposer que l'état virulent, ce mouvement moléculaire spécial qui paraît n'être en somme qu'un mode spécial d'oxigénation des albuminoïdes, est susceptible de se transmettre à certains milieux non vivants; en sorte qu'en propageant la bactérie, on aurait propagé du même coup la virulence du milieu et par conséquent les conditions favorables à son développement. Nous savons fort bien que les expériences instituées pour démontrer le rôle pathogène des bactéries, ont été considérées comme établissant également que le milieu de culture artificiel ne prenait aucune qualité nocive. Mais peut-être serait-il bon de le démontrer plus explicitement. Le contraire n'aurait d'ailleurs en soi rien de particulièrement extraordinaire, la virulence n'impliquant pas la vie, mais seulement la présence de substances albuminoïdes. Il s'agit en somme de savoir si, portant du sang charbonneux desséché à l'air dans un bouillon de culture approprié et placé dans les conditions voulues, un état moléculaire spécial, inhérent à ce sang mort et déjà profondément altéré, n'est pas susceptible de se communiquer à ce milieu nouveau à demi favorable, et susceptible d'être de là itérativement transmis au plasma sanguin d'un autre animal.

Un argument produit en faveur de la nocivité exclusive des bactéries est que les liquides virulents qui les contiennent, perdent quand on les filtre, la propriété de communiquer la maladie, tandis que les bactéries demeurées au-dessus du filtre l'ont conservée. Mais cet argument n'a, lui aussi, qu'une valeur relative et mériterait peut être de nouvelles vérifications. Nous savons que les liquides filtrés peuvent subir les modifications les plus inattendues, sur lesquelles nous sommes parfois fort mal renseignés (1). Il ne

(1) Voy. sur ce sujet les curieux résultats communiqués au congrès de Nancy, 1885, par M. Certes, sur les solutions colorées filtrées à travers la porcelaine dégourdie.

serait nullement impossible que des modifications de cet ordre, méconnues, aient donné lieu à la croyance à l'innocuité des liquides ayant traversé le filtre. Il est bon de remarquer que quand ont été faites les expériences dans cette direction, tout au début des recherches de M. Pasteur et sans qu'il ait paru nécessaire de les renouveler depuis, on a cru le liquide filtré parfaitement inoffensif, alors que d'après ce qu'on sait aujourd'hui, il devait contenir en abondance des alcaloïdes, ptomaïnes ou leucomaïnes qui ont cependant échappé aux observateurs d'alors.

Aujourd'hui nous ignorons si les liquides buccaux d'un animal enragé, convenablement filtrés jusqu'à élimination de tout trouble granuleux, seraient encore nocifs. S'ils l'étaient, les idées toujours défendues par Robin, et que nous essayons de résumer ici, recevraient une consécration éclatante.

Il est curieux de voir combien la force des choses ramène fatalement les partisans les plus autorisés des doctrines microbiennes à se rapprocher des idées que nous exprimons, plus encore que nous ne les défendons. Il est curieux de voir les pathologistes, M. Pasteur tout le premier, consacrer l'expression de « virus rabique » (1), tandis qu'ils disent la « bactérie charbonneuse, le miccrocus du choléra des poules et du rouget ». En sorte que le plus grand triomphe expérimental qu'ait remporté le fondateur de la pathologie bactérienne, nous offre ce point noir de ne pas laisser discerner la bactérie ou le micrococcus qui est le nœud, la cause même de l'affection, qui serait susceptible de vivre à la fois dans la substance nerveuse des centres et dans la salive, et qui, malgré ce double habitat si différent, n'a trouvé jusqu'ici dans aucun milieu artificiel connu, un milieu de culture approprié.

Nous arrivons à la question des immunités. Celles-ci — et c'est ce que nous voudrions montrer en terminant — constituent certainement l'objection la plus grave aux doctrines pastoriennes. C'est un fait hors de doute, et que les bactériologistes ne songent pas d'ailleurs à contester, que les immunités, dans le système nosologique nouveau, sont à peu près inexplicables. Une épidémie charbonneuse ou cholérique, si on admet que le choléra est engendré par un bacille, règne : les cryptogames, cause de la maladie, se répandent partout, absolument comme les grains d'amidon, les fils textiles, les poils végétaux que F.-A. Pouchet retrouvait dans toutes les poussières atmosphériques. Tous les êtres vivants de la région reçoivent des germes, le fait n'est pas douteux : pourquoi tous ne sont-ils pas atteints? Supposons une

(1) *Comptes rendus*, t. XCV, 1882, p. 1187; t. XCVIII, 1884, p. 457, p. 1229, etc.

vaste étendue de pays uniformément divisée en mètres carrés. Le vent y porte les graines en abondance d'une plante quelconque. Chaque mètre carré sera ensemencé, est-ce que la plante ne va pas lever partout? Assurément, elle peut ne pas germer si elle tombe, par exemple, sur un chemin solidement empierré; il est bien certain qu'elle ne trouvera pas là les conditions de vie qui lui sont nécessaires. Mais la différence profonde, radicale, entre la qualité de ce sol et les terres environnantes explique qu'il en soit ainsi. Partout ailleurs elle poussera dans les terrains bons, mauvais ou médiocres; elle poussera dans des sols de constitutions les plus variées; elle poussera plus ou moins bien, mais elle donnera en définitive sa plante, elle accomplira son évolution individuelle aux dépens des matériaux plus ou moins favorables fournis par le terrain. — Pour les végétaux inférieurs, tels que les cryptogames schizomycètes, les conditions d'existence sont tellement larges et faciles à réaliser qu'il a fallu, pour garantir certains liquides de leur invasion, cette rigueur dans les procédés expérimentaux dont M. Pasteur a le premier démontré la nécessité. Or, en temps d'épidémie causée — ainsi le veulent les doctrines régnantes — par la diffusion d'un de ces cryptogames, que voyons-nous? Le plus grand nombre des individus vivant dans l'atmosphère chargée des germes de la maladie échappent à leur influence. Et cependant si les germes en question sont réellement des végétaux doués d'une vie propre, ils devront vivre et se multiplier sur la totalité ou la très grande majorité des individus. Car, au regard des conditions de développement d'un cryptogame que nous savons apte à prospérer dans les milieux de culture les plus variés, nous ne pouvons pas comprendre que tous les individus d'une espèce animale donnée ne soient pas pour ce cryptogame un terrain identiquement favorable.

On n'a pas tenu compte comme il convenait de cette *personnalité* propre à la graine, à la spore, et qui en fait quelque chose à part, l'isole dans une certaine mesure du monde ambiant. Si l'évolution du germe dépend du milieu, c'est avec une certaine latitude; de même que des graines pousseront toutes malgré les grandes différences des terrains où elles tomberont. Il n'est absolument pas admissible que d'un individu à un autre de la même espèce les différences soient assez grandes pour ne pas permettre chez tous l'évolution et la multiplication du cryptogame implanté. Ou bien il faut admettre que les cryptogames pathogènes ont une physiologie absolument particulière, ou bien il faut renoncer à leur faire jouer le rôle qu'on leur donne. Comment, nous le demandons,

concilier l'origine purement bactérienne du charbon, avec ce fait que la bactérie charbonnneuse si apte à se développer dans les conditions artificielles les plus variées, ne trouve plus chez le mouton d'Algérie le terrain favorable que lui offre le mouton européen?

En va-t-il de même si nous admettons que le véhicule matériel de la contagion, au lieu d'être un végétal comme le ferment lactique, est quelque chose comme cette parcelle de présure qui est simplement un agent moléculaire. Alors nous pouvons beaucoup mieux comprendre que son action soit restreinte, qu'elle se fasse sentir chez certains individus, soit nulle chez d'autres. Car nous pouvons dès lors nous figurer qu'elle agit seulement en vertu de réactions chimiques expressément définies et ne se produisant qu'à la faveur d'un état moléculaire déterminé, en rapport avec le mouvement nutritif *actuel* chez l'individu contaminé. Il n'y a plus rien de choquant à admettre qu'une réaction chimique aussi délicate que toutes celles dont la matière vivante est le siège, n'a plus pour se produire la latitude qu'une graine ou une spore pour germer: elle exige pour débuter unensemble précis de conjonctures moléculaires qui peut être extrêmement restreint, sauf à s'étendre ensuite de proche en proche comme ces réactions minérales que nous avons signalées plus haut.

Ajoutons pour dernière remarque que le fait de l'immunité conférée par une première attaque de l'affection virulente, s'expliquerait aussi beaucoup mieux de la sorte. Au point de vue spécial des doctrines bactériennes, il est impossible de se figurer comment les éléments nutritifs puisés dans l'économie et qui ont servi une première fois au développement du cryptogame, ne vont plus s'y retrouver au bout d'un temps très court et n'auront pas replacé l'organisme dans les conditions *largement variables* permettant aux nouveaux germes tombés sur ce terrain renouvelé de s'y développer comme les premiers. Tandis que dans l'hypothèse de la virulence et d'une modification moléculaire communiquée à l'organisme entier, il est toujours possible d'admettre que le changement même survenu dans le mouvement nutritif lui imprime une modalité nouvelle comparable à celle qu'imprime le spermatozoïde dans les cas d'hérédité morbide, modalité que l'organisme conservera, incompatible avec un retour de l'altération autrefois subie.

Telles sont quelques-unes des objections que l'on peut, semble-t-il, dans l'état actuel des connaissances faire valoir contre une extension tout au moins abusive des doctrines ayant cours aujourd'hui en pathologie. Il reste beaucoup à démontrer pour ceux qui les acceptent entières. Et de notre côté nous ne nous dissi-

mulons nullement la grande part que nous faisons à l'hypothèse. Ce ne sera pas en tous cas aux partisans des doctrines microbiennes de nous le reprocher. M. Duclaux, en abordant le même sujet, déclare « qu'il va lui falloir faire une large place au raisonnement et à la « spéculation, et qu'il ne reculera pas devant un peu de hardiesse « dans les inductions » (1).

En fait le débat est loin d'être vidé. Il semblerait même que dans ces derniers temps la théorie bactérienne a subi quelques légers échecs. On peut se demander si la grande faveur dont elle jouit, n'a pas trop fait perdre de vue « l'état virulent » si nettement défini par Robin. Il n'est pas impossible qu'un avenir peu éloigné nous y ramène, ou du moins reporte l'attention sur l'organisme altéré et la nature intime de ses altérations, trop négligés dans la préoccupation exclusive où l'on est, de constater la présence du cryptogame regardé (un peu hypothétiquement) comme la cause du mal.

XI. — Travaux de botanique, de zoologie et d'embryogénie. — L'accommodation des parties organiques.

Un caractère très particulier de Robin est d'avoir touché avec une égale supériorité à diverses branches de la biologie. Nous venons de le voir anatomiste et anatomo-pathologiste. En botanique, il laisse un grand ouvrage classique; en zoologie, il est l'auteur d'importantes recherches sur les Poissons et découvre l'organe électrique des Raies. Enfin, il est aussi embryologiste; il étudie les premiers stades du développement chez les Annélides et les Insectes.

Robin demeura toute sa vie préoccupé d'une question dont il croyait avoir trouvé la solution. Il l'expose déjà dans son traité *Du Microscope*, et il y revient par la suite à différentes reprises. Nous savons aujourd'hui que la conception des deux *règnes* animal et végétal est vaine et qu'il n'existe en réalité aucune distinction fondamentale entre les êtres vivants autrefois placés dans l'un et dans l'autre. Robin croyait encore à une distinction absolue entre les Animaux et les Plantes, et il la voyait dans la présence ou l'absence d'une paroi cellulosique. Réduite à ces termes la proposition peut se soutenir et Robin eut raison de montrer l'erreur où tombait M. Pasteur en considérant comme animaux les cryptogames parasites qui causent certaines

(1) *Le microbe et la maladie*, p. 113.

maladies des vers à soie. Mais la question est de savoir si le cytoplasme d'une cellule donnée ne peut pas, ne fût-ce que pour un certain temps, se montrer dépourvu de son enveloppe cellulosique, et alors ressembler de tous points à un animal. Robin n'admet pas qu'il en soit ainsi et croit trouver dans la réaction très nette de la cellulose un caractère à la fois universel et distinctif des végétaux : « Le cytoplasme d'une cellule animale se dissout tout entier « dans l'ammoniaque (sauf les produits chitineux) et se résout en « sarcode. Dans les végétaux les plus simples, les spores ciliées « des algues, etc., il y a toujours distinction nette, possible entre la « paroi de cellule et son contenu. L'iode montre que la paroi est « formée d'une variété de cellulose non attaquée par l'ammo- « niaque. »

« Les Végétaux, d'après Robin, sont formés de véritables cellules ; ils ont la cellulose, substance très oxigénée, pour principe immédiat fondamental de leurs éléments anatomiques définitifs, lesquels se forment par simple métamorphose des cellules embryonnaires du germe (1). Les Animaux sont des corps organisés ayant la propriété de se contracter volontairement, formés soit de substances homogènes et granuleuses seulement, soit en même temps de fibres pleines, de tubes non cloisonnés ou de cellules, ayant l'albumine et ses congénères, substances très azotées, pour principes immédiats de leurs éléments anatomiques définitifs, lesquels se forment par substitution de toutes pièces aux cellules embryonnaires du germe. » Cette double définition ne supporte plus l'examen, et nous la donnons seulement comme une tentative intéressante pour l'époque où elle était formulée. Il existe des Protozoaires très semblables les uns aux autres par toutes les particularités de leur organisation, dont les uns présentent une cuticule cellulosique qui manque aux autres. Une division de ce chef entre les êtres vivants est toute artificielle : elle dépend uniquement de l'importance attribuée hypothétiquement au caractère envisagé. C'est là d'ailleurs un vice inhérent à toute classification biologique. L'histoire de la zoologie nous montre ainsi le système nerveux, le placenta pour les Mammifères, l'évolution embryogénique, etc., tour à tour invoqués comme donnant les meilleurs caractères propres à délimiter les grands groupes, sans que nous soyons en aucune façon fixés. A ce point de vue, la distinction de Linné entre les Animaux et les Végétaux valait presque celle qu'on a cherché à établir depuis d'après le mode de respiration (Dumas) ou la présence de la cellulose (Robin). En réalité il n'y a ni règne végétal ni règne animal,

(1) Voy. ci-dessus, p. LXXVIII.

mais seulement un *Règne organique* comprenant sous le nom de Végétaux et d'Animaux tous les êtres vivant ou ayant vécu à la surface de la Terre. Nous ne voyons guère qu'on puisse modifier cette formule qui suppose simplement admise la notion de vie.

Robin s'est moins occupé de botanique que de zoologie; toutefois, on peut signaler de 1853 à 1856 divers mémoires de lui sur les anomalies de composition de la fleur, etc. En 1847 il avait présenté, pour le doctorat ès-sciences, une thèse *Sur les vegètaux parasites des animaux vivants*. Ses recherches de ce côté, considérablement étendues, lui ont fourni, en 1853, la matière d'un volume in-8° accompagné d'un bel atlas.

Dès les prolégomènes on sent que le sujet est traité avec une élévation de vues que l'auteur puise dans ses connaissances anatomiques et la notion toujours présente de l'état d'organisation. La première question à se poser, résolue déjà dans une note parue en 1852, était de bien établir le mode de propagation des végétaux observés sur les animaux vivants. Robin montre comment la matière de ceux-ci disparaît molécule à molécule devant le corps solide parasite, pendant qu'en arrière de lui la matière organisée se reforme molécule à molécule et reprend la place auparavant occupée par le corps étranger. Il n'y a pas d'autre mécanisme pour la pénétration des spores des divers végétaux cryptogames dans les tissus, dans les cavités fermées, enfin dans les systèmes sanguin et lymphatique qui se chargent ensuite du transport de ces germes. Robin montre ainsi nettement la distinction qu'il faut faire entre la *pénétration* d'un corps au milieu des tissus où il change de place et non d'état, et l'*absorption*, où le corps absorbé — toujours liquide — traverse molécule à molécule la substance organisée en se combinant plus ou moins à elle. Ces notions, devenues aujourd'hui courantes, étaient nouvelles à l'époque où Robin en entretenait la Société de Biologie (1852).

Dans les prolégomènes, il établit que toute question d'histoire naturelle, quelle qu'en soit l'importance apparente exige, pour être complètement traitée, la connaissance des phénomènes élémentaires de nutrition, de développement et de reproduction. Elle n'exige pas moins la solution des questions relatives à l'influence des milieux. Robin reprend ici avec détail ces deux points déjà indiqués dans le traité *Du Microscope*. Il s'étend également sur tout ce qui concerne la naissance et le développement des cellules végétales tant chez les Phanérogames que chez les Cryptogames, soit d'après des recherches originales, soit d'après des observations

ayant pour but de contrôler les faits de ce genre antérieurement décrits. Enfin il expose, comme prélude à la description des végétaux simplement cellulaires, la structure des cellules végétales en général et des filaments qui accompagnent la formation des mycéliums. Il confirme sur tous les points fondamentaux les travaux alors récents de Hugo Mohl, mais qui n'avaient pas trouvé jusque-là d'écho en France, et il fait une étude complète de l'*utricule primordiale* de cet auteur, ou *utricule azoté*, qui tapisse les cellules végétales, appliqué contre la face interne de leur paroi.

Après avoir examiné les conditions qui favorisent le développement des végétaux parasites, l'auteur arrive à la description des espèces, qui est l'objet même de l'ouvrage. L'histoire de chaque espèce, complètement traitée, comprend sa diagnose, son anatomie, l'étude du milieu dans lequel elle vit, des conditions extérieures qui en permettent l'accroissement, l'étude des phénomènes de nutrition, de développement et de reproduction qu'elle présente, c'est-à-dire sa physiologie, enfin l'examen de l'action que le parasite, par suite des nécessités mêmes de son existence, exerce sur l'animal dont les tissus sont pour lui le milieu ambiant. La connaissance des altérations morbides et des symptômes dont le parasite est ainsi la cause, conduisent à l'exposé des moyens à employer pour faire disparaître cette cause, pour détruire ou enlever le végétal et empêcher qu'il ne se développe de nouveau, moyens basés sur la connaissance anatomique de la plante, de son siège, des phénomènes de développement qui lui sont propres, et même de l'action qu'elle exerce sur son hôte. Telle est la marche rationnelle partout suivie dans le traité *Des végétaux parasites*, et applicable en réalité à l'hitoire naturelle de quelqu'être que ce soit. Elle a l'avantage de ne rien omettre de ce qu'il convient d'examiner pour que l'étude en soit profitable.

La supériorité constante de Robin au cours de ses travaux botaniques ou zoologiques, est de reprendre à propos des sujets spéciaux qu'il traite, et de résoudre plusieurs problèmes qui s'y rattachent, demeurés jusque-là obscurs, dont quelques-uns même avaient été abandonnés après avoir été posés. Il nous donne à chaque pas, par une foule d'exemples la preuve de la liaison étroite qui existe entre l'anatomie générale et l'ontologie. Au moment où il appliquait d'une manière si supérieure cette méthode à l'étude des végétaux parasites, elle était encore peu en honneur; mais il ne se méprit pas un instant sur la fécondité de ses applications, et l'œuvre de Robin tout entière est restée, par ce côté, un véritable modèle.

Robin avait été porté vers l'étude des animaux dès le début de sa carrière, nous avons dit par quelles circonstances : il leur dût certainement la largeur de vues qui a fait de lui un anatomiste hors ligne. Ne se bornant pas à la considération des organes ou des éléments anatomiques d'une seule espèce, il puise dans la variété même des êtres soumis à son investigation, la notion précise du particulier et du général. Jusqu'à la fin de sa vie, il reste zoologiste dans le sens le plus élevé du mot. Nous avons encore le souvenir d'une conversation où il s'étendait avec complaisance sur le rôle important des compagnies telles que la *Société entomologique de France* (1), qui par la force même des choses se trouvent amenées à réunir et à grouper d'immenses matériaux d'études et un nombre considérable de renseignements ou d'observations. Quand la Société entomologique, par la voix de son président, M. Laboulbène (2), qui fut à diverses reprises le collaborateur de Robin rendit hommage à sa mémoire, elle pouvait saluer en lui un membre qui avait peut-être moins que d'autres suivi ses travaux, mais qui était plus que personne convaincu de leur importance.

Robin a publié soit seul, soit en collaboration avec M. Mégnin puis M. Fumouze, plusieurs mémoires sur les Acariens. Le premier parut dans les *Mémoires de la Société impériale de Moscou* (1860), les derniers ont été publiés dans le *Journal d'Anatomie*, jusqu'en 1877. D'ailleurs, presque toutes les « classes » d'animaux ont fourni à Robin l'occasion de recherches originales. Dès 1846, il avait fait paraître dans les *Archiv für Anatomie und Physiologie* de J. Müller, des observations poursuivies en commun avec Lebert sur le sang, les muscles, les spermatozoïdes etc., de divers Invertébrés; sur la structure des nerfs, des ganglions chez divers Mollusques et Crustacés; sur celle du cartilage céphalique des Céphalopodes; sur la striation des muscles du Pecten, que bien des auteurs, depuis, ont cru découvrir à leur tour. Ces observations comptent au nombre des premières de cet ordre qui aient été faites, elles inaugurent la voie où Leydig devait s'engager beaucoup plus tard en publiant son traité classique d'Histologie animale.

Nous devons signaler à part l'important *Mémoire sur le développement embryogénique des Hirudinées*, publié dans le tome XI des *Mémoires de l'Académie des Sciences* (1875). C'est une œuvre

(1) A cette époque, la Société zoologique n'existait pas encore.

(2) M. Laboulbène a relevé avec un soin scrupuleux et publié la liste complète des travaux de Robin touchant à l'Entomologie. Nous avons mis à profit ce relevé dans la bibliographie qui termine cette étude.

considérable avec un grand nombre de planches dessinées comme toujours par l'auteur, et qui sont, comme toujours aussi, des modèles d'exactitude et de précision. Dans la première partie il résume quelques faits relatifs au mode d'apparition et de développement de l'ovule de Néphélis avant la fécondation, c'est-à-dire de l'ovule étudié en tant qu'élément anatomique. Le reste de cette première partie traite de l'évolution de l'embryon des Hirudinées, à compter de l'instant de la fécondation. Dans la seconde il expose le mode d'apparition et de développement de chacun des principaux systèmes organiques, en particulier chez les Néphélis et les Clepsines. Robin à cette occasion revient longuement sur la production et l'évolution du globule polaire auquel il avait déjà consacré plusieurs mémoires.

Ce sont surtout les poissons et parmi eux les Plagiostomes qui attirent son attention. Il découvre chez eux le thymus divisé en deux glandes adhérentes à chaque jugulaire postérieure. Mais, de toutes ses recherches, les plus importantes sont sans contredit celles sur l'anatomie et la physiologie des organes électriques de la Raie. Il avait fait connaître ces organes dès 1846. Le premier, il les décrit dans tous leurs détails de structure et de rapports avec les autres systèmes anatomiques. Il en démontre l'analogie avec l'organe électrique des Torpilles malgré leur place différente. Le premier il expose la structure intime du tissu des appareils électriques, distinct de tout autre, et propose de le désigner sous le nom de « tissu électrique. » Il signale le mode particulier de distribution et de terminaison des capillaires et des nerfs dans les disques. Enfin, il détermine les nerfs de l'appareil électrique des Raies et des Torpilles comme venant de la même source que les nerfs moteurs et comme étant par conséquent volontaires.

Cette découverte est assurément une de celles qui font le plus d'honneur à Robin, en même temps qu'elle montre bien l'importance de l'anatomie générale : d'une ressemblance de structure il n'hésite pas à déduire l'identité fonctionnelle. A la vérité, il n'avait pas démontré celle-ci, et la qualité électrique des organes de la Raie restait obscure. M. Du Bois-Reymond proposa même pour eux le nom de « pseudo-électriques ». Mais en 1865 Robin démontre enfin ce qu'il avait prévu. Il obtient des manifestations électriques que Matteuci confirme à son tour (*Comptes rendus*, 16 oct. 1865). Dès lors on se demande pourquoi certains anatomistes persistent encore à désigner ces organes sous le nom de pseudo-électriques. C'est méconnaître absolument les principes les plus élémentaires de l'anatomie générale et retomber dans ce culte

de la technique qui est la négation même de la science. L'organe est identique par sa constitution à celui du Gymnote; la moelle épinière contient les mêmes cellules volumineuses dites électriques. A la vérité on n'obtient pas des secousses aussi nettes qu'avec les autres poissons électriques; mais cela n'est dû évidemment qu'à l'ignorance où nous sommes des conditions qui déterminent chez la Raie la volonté d'une décharge. Il se pourrait même faire que chez la Raie cette décharge ne fût point volontaire et ne s'accomplit que comme un réflexe médullaire concomitant de quelque acte physiologique spécial, génital ou autre. Nier l'identité de l'organe des Raies avec celui des autres poissons électriques parce que nous ne savons pas en obtenir artificiellement le fonctionnement, revenait à nier qu'il y eût des puissances musculaires éjaculatrices parce que nous ne savions pas les mettre en jeu (1).

Dans les derniers temps de sa vie, Robin s'était occupé des Anguilles. Il confirma au moyen de données anatomiques certaines différences sexuelles déjà signalées, mais d'une manière un peu confuse, par divers auteurs (Valenciennes, Syrski, Dareste). « Comparaisons, dit-il, qui eussent dû être faites avant toute re- « cherche tendant à prouver l'existence d'un hermaphrodisme « exceptionnel, ou encore avant de supposer sans étude préalable « de l'évolution de l'ovaire, que l'organe décrit comme le testicule « n'est qu'un ovaire qui ne serait pas arrivé à son complet déve- « loppement. » C'est ainsi que toujours Robin combine et sait faire concourir à un résultat utile et pratique les notions positives de l'anatomie et de la zoologie. Quoique cette dernière branche de la Biologie l'occupe moins, il y excelle et y marque sa place. Le « cœur caudal » de l'Anguille, les corps rouges du Congre attirent également son attention. C'est au laboratoire maritime de Concarneau qu'il poursuivait ces études, alternativement avec d'autres sur les organes élastiques de l'aile des Oiseaux (en collaboration avec M. Chabry, 1883), sur les Infusoires tentaculés, suceurs et flagellés (1879), sur les Noctiluques (1878), parcourant ainsi toute l'échelle des êtres marins.

Pour tous les hommes de science ayant vécu à notre époque, il sera intéressant de rechercher quelles ont été leurs idées sur les deux grands problèmes biologiques actuellement soulevés, l'un par M. Pasteur, l'autre par Darwin. En face du premier nous avons dit quelle avait été l'attitude de Robin. De même, en face du transformisme il reste dans une extrême réserve. On pouvait le prévoir,

(1) Travaux de Loeb et de Rémy. Voy. *Journ. de l'Anat.*, 1886, p. 205.

puisqu'il le rejette en histologie et croit à une sorte de fixité de l'espèce cellulaire. Ne reconnaissant pas la différenciation par descendance des éléments anatomiques, il était assez peu porté, on le comprend, à l'admettre en ce qui touche les formes animales ou végétales. Ce n'était point là toutefois un argument et il n'a jamais songé à le faire valoir. S'il s'est montré défiant à l'égard des doctrines évolutionnistes, ce n'est pas qu'elles eussent par elles-mêmes quoique ce soit de contraire *a priori* aux principes qu'il professait en biologie. Mais l'engouement inconsidéré de tant d'incompétents qui les embrassaient et les défendaient, fut pour lui une raison nouvelle de s'attacher avec plus de rigueur à la méthode scientifique. Il examine la question en véritable disciple de l'école positiviste, il se garde bien de prendre pour raisons valables toutes les inductions imaginatives, si satisfaisantes qu'elles soient en apparence, il se défie des probabilités seules, quand elles ne sont pas appuyées sur des observations suffisamment nombreuses pour élever considérablement leur valeur. Il ne perd jamais de vue que les bases du transformisme sont essentiellement spéculatives puisqu'aucune observation directe n'a jamais pu être faite. On se rappelle peut-être que Darwin trouva d'abord une certaine opposition à l'Académie des Sciences et ne fut nommé que relativement tard correspondant de cette compagnie. Il semblerait que Robin ait cherché à justifier ce peu d'empressement de l'Institut à accueillir l'illustre zoologiste, quand il écrivait cette page de l'*Anatomie cellulaire*, que Littré a cru devoir, au reste, reproduire dans un article critique consacré à l'ouvrage de son ami (1) :

« Tous ceux qui sont familiers avec les écrits d'Auguste Comte, « savent depuis longtemps que les sciences n'ont de portée que par « la valeur des conceptions générales qui éclairent les faits de leur « domaine, en les reliant les uns aux autres. Ils connaissent aussi « le rôle principal des hypothèses dans les sciences, et savent que « toute invention n'est qu'une hypothèse vérifiée ; mais ils savent « par suite qu'une hypothèse n'est bonne que si elle est vérifiable, « et qu'elle ne représente pas une découverte si elle n'est qu'une vue « subjective sans démonstration, quelque simple et brillante que soit « l'explication qu'elle semble donner de tels ou tels faits. La ques- « tion est simplement de savoir si la science est du côté de ceux qui « sont satisfaits dès qu'ils expliquent, ou du côté de ceux qui dé- « montrent. Aussi, hormis le cas d'antiscientifique mélange des « subjectivités théologiques aux problèmes biologiques, ce n'est au-

(1) Voyez *La Philosophie positive*, janvier-février 1874.

« cunement le manque de culture philosophique des savants con-
« temporains qui diminue en France le nombre des adhésions aux
« doctrines de Lamarck et de ses continuateurs, quelque vif que soit
« l'intérêt présenté par les documents qu'ils rassemblent; c'est au
« contraire le développement de cette pensée philosophique que la
« portée d'une vue spéculative se juge par la possibilité d'un con-
« trôle positif, c'est enfin le manque d'un contrôle réel à cet égard,
« puisque jusqu'à présent ce contrôle n'a pas encore été donné pour
« une seule espèce d'êtres, pas plus que pour une seule espèce de
« cellules. Nul homme de science ne méconnaît ce qu'a de sédui-
« sant cette manière de substituer l'idée du métamorphisme indéfini
« à celle des variations individuelles, de représenter toutes les col-
« lections d'individus analogues, comme des descendants du plus
« simple des organismes observés, c'est-à-dire de les considérer
« comme unies d'un lien généalogique direct, infléchi, mais con-
« tinu partout, remontant jusqu'à cette monade. Seulement nul
« ne peut nier que, sans méconnaître l'intensité ou l'ingéniosité
« des efforts tentés, on est en droit de demander pour ces hypo-
« thèses une vérification, ne fût-ce que pour une seule de toutes
« les espèces vivantes, de manière à pouvoir déterminer à l'aide
« de documents paléontologiques, de quels êtres elle descend; car
« il est certain qu'il n'y a, jusqu'à présent, de donné comme
« preuve que des possibilités sur lesquelles peu de naturalistes
« s'accordent, et non des réalités. Mais en science, des probabili-
« tés ne suffisent pas pour valider une hypothèse, ni pour consti-
« tuer le point de départ de nouvelles démonstrations. » (*Anat. cellulaire*, p. XXXIV.)

Robin cite ici Lamarck, mais il vise Darwin dont les grands et beaux travaux zoologiques ne sont pas d'ailleurs en cause. Robin reprenant en effet par le détail la théorie de Lamarck, déjà commentée dans un passage d'Auguste Comte trop oublié (1), n'a pas de peine à montrer que c'est au savant français qu'il convient de faire remonter la doctrine de l'évolution, et, qu'au fond, on chercherait vainement en quoi ses idées diffèrent de celles de Darwin et de M. Hæckel. Evidemment, l'extension qu'ils ont donnée à cette théorie est en rapport avec la plus grande multiplicité des êtres découverts depuis trois quarts de siècle, et la plus grande netteté de nos connaissances sur leur évolution. Leurs arguments sont incontestablement plus nombreux et exprimés avec plus de précision, mais ils sont exactement de même ordre.

(1) *Phil. posit.*, 1838, t. III, 2e leçon, *Considérations philosophiques sur la Biotaxie*; et 2e édit., 1864, p. 385 à 398.

La combinaison caractéristique de la substance carbonée avec l'eau, qui d'après M. Hæckel formerait une substance mixte, molle, intermédiaire entre la matière brute et les êtres vivants, pouvant naître par génération spontanée; la matière albumineuse composant le corps homogène, sans parties ni fonctions distinctes, des *monères* tant neutres que végétales ou animales du même auteur; le passage des monères à l'état de cellules par formation d'un noyau (apparaissant par genèse conformément à la théorie de Robin); la disposition des êtres en séries ramifiées d'après la façon dont M. Hæckel suppose que les familles animales ou végétales dérivent les unes des autres : tout cela n'est, en somme, qu'un remaniement sous des termes plus techniques, des vues de Lamarck avec ses générations directes ou spontanées, ses masses primitives gélaineuses ou mucilagineuses, et son état cellulaire arrivant à créer des organes particuliers, à les isoler ainsi que leurs fonctions, à diviser et à multiplier les divers centres d'activité (1). Et, ajoute-t-il, « comme la reproduction conserve constamment tout ce qui « a été acquis, de cette source féconde sont sortis avec le temps les « différents corps vivants que nous observons. » N'est-ce pas le transformisme tout entier?

En réalité Darwin n'ajoute au fond de la théorie de Lamarck, reposant sur l'influence des milieux, qu'une série nouvelle d'arguments et même beaucoup moins décisifs, tirés de l'action lente de la concurrence vitale et de la sélection, tant proprement dite que sexuelle. Or, si l'hypothèse de l'influence des milieux sur l'établissement des formes animales, paraît en rapport dans une certaine mesure avec ce que nous savons de l'histoire de la vie à la surface de la planète, les causes modificatrices auxquelles Darwin semble attribuer le plus d'action, sont loin d'être aussi patentes (2).

Dès lors, tout en reconnaissant l'intensité et l'ingéniosité des efforts tentés, on reste en droit de demander à l'appui de toutes ces hypothèses, une vérification, ne fût-ce que pour une seule des espèces actuellement vivantes; car il est bien certain, que même pour celles dont on a cru pouvoir déterminer l'origine à l'aide des documents paléontologiques, on n'a donné jusqu'à présent que des possibilités sur lesquelles tout le monde même ne s'accorde pas, et non des réalités (3). Malheureusement en science les proba-

(1) Lamarck, *Phil. zool.*, 2e édit., 1830, p. 294.

(2) Robin remarque que la sélection sexuelle n'est guère applicable aux Protozoaires, en tout cas elle ne l'est pas aux Invertébrés portant les deux sexes, etc.

(3) Voy. encore tout récemment la discussion sur la philogénie du genre *Equus*, par MM. Vogt et Trouessardt, dans la *Rev. scientifique.*

bilités ne suffisent pas pour valider définitivement une hypothèse et à plus forte raison pour constituer le point de départ de nouvelles démonstrations. Si, en effet, l'hypothèse est au début de tous nos essais scientifiques, ce sont les efforts de ceux qui ont conçu et exécuté les démonstrations, qui restent, qui établissent le savoir conduisant à la prévoyance et à l'opportunité dans l'action. Il ne suffit pas qu'une hypothèse soit simple pour être acceptée. Il faut avant tout qu'elle soit vérifiable, autrement elle ne tarde pas à devenir nuisible; car ceux qui pour aimer la science ont besoin des suppositions dans lesquelles on donne comme démontrée la chose même qu'il s'agit de rendre évidente, sont plus près de méconnaître la grandeur de la connaissance, que de la servir. Or, il n'est aucune espèce pour laquelle on ait pu prouver autrement qu'à l'aide de paralogismes, qu'elle provient de telle ou telle espèce plus simple, comme on prouve, par exemple, que le papillon est l'adulte de la chenille ou tel acarien octopode, l'adulte de tel autre individu hexapode. Nul n'a encore indiqué non plus comment dans les organismes simples répondant à la qualification de Monères et dépourvus de tout élément anatomique, naîtra le premier élément qui va se montrer, dans quelles conditions et comment naissent les cellules sur un individu provenant d'antécédents qui en manquaient, car ce fait arrive ou est arrivé nécessairement, si tous les êtres actuellement vivants descendent d'une forme monérienne primitive. Il n'existe pas davantage une seule expérience concluante pour démontrer le passage d'une forme nettement spécifique à une autre. Et à ce propos on nous permettra de rappeler que plus d'une fois nous avons entendu répéter à notre maître que les expériences instituées par nous sur les changements de coloration des animaux, étaient en somme les seules qui eussent jamais été faites dans la direction des idées actuellement partagées par le plus grand nombre des zoologistes.

Il est certain que d'une manière générale le disciple d'Auguste Comte était fort peu enclin, pour ne rien dire de plus, à toutes ces spéculations morphologiques, qu'il s'agisse des espèces animales avec Darwin, de l'*archétype* des Vertébrés avec M. Owen, ou plus récemment encore du membre type, de l'*archypterygium* avec M. Gegenbaur. Et en effet toutes ces conceptions sont de même ordre; elles n'ont qu'une valeur absolument subjective, par défaut absolu de preuves. Mais qu'on ne s'y trompe pas. Ce serait une grave erreur de penser que Robin, tout en contestant la portée positive des spéculations darwiniennes, penchât aucunement vers la doctrine opposée de la fixité. Dans son *Nouveau dictionnaire abrégé*, les mots *Fixité*

et *Espèce* ne sont pas même traités ; quant à l'article *Transformisme*, un des plus longs, il se compose surtout d'extraits de l'introduction écrite par M. de Lanessan pour les *Œuvres de Buffon*.

Robin pouvait se regarder comme d'autant plus autorisé à avoir une opinion raisonnée sur les théories transformistes, qu'il s'était beaucoup occupé d'embryogénie. Il revient souvent sur cette déclaration : que nous ne saurions avoir la notion exacte d'un élément anatomique si nous ne connaissons toutes les phases par lesquelles il a passé, depuis le moment où il s'individualise, jusqu'au moment où entré en régression il touche à sa fin en tant qu'être vivant. La recherche embryogénique va donc prendre place au premier rang de ses préoccupations. A une époque où les histologistes se bornaient encore à l'étude des tissus de l'adulte, il étudie tous les tissus et toutes les humeurs aux diverses phases de leur développement. Malheureusement ses recherches, en raison de la technique rudimentaire d'alors comparée à la nôtre, ne lui ont pas permis dans beaucoup de cas de se faire des idées justes sur les rapports des parties. C'est ainsi que n'ayant pas pratiqué de coupes sur la mâchoire embryonnaire, la relation de l'épithélium gingival et de l'organe adamantin lui échappe.

On peut s'étonner, en parcourant le traité d'embryogénie classique de Balfour, de n'y point voir le nom de Robin dans la liste bibliographique des auteurs cités à propos de la maturation de l'œuf et de la formation des « globules polaires ». C'est cependant à Robin que remonte cette dénomination (1862) ; il l'emploie pour la première fois dans un *Mémoire sur les globules polaires de l'ovule*. Jusque-là ces corps avaient été désignés sous les différents noms de globules huileux, muqueux, transparents par divers auteurs qui se trompaient d'ailleurs sur leur véritable nature. Robin les observe chez *Nephelis* et en donne la première histoire à peu près complète. Il voit en eux les produits d'une segmentation qu'on pourrait appeler « inégale », sorte de gemmation du vitellus donnant un être aussitôt individualisé, dont le développement demeure infiniment restreint. Et il montre que par le point même de la surface du vitellus où est apparu le globule polaire, va se dessiner le premier sillon méridien (1) qui, se creusant de plus en plus, divisera la sphère vitelline en deux parties à peu près égales.

(1) Nous lui donnons ici une dénomination en rapport avec celle du globule polaire. On remarquera que ce sillon correspond à ce qu'on appelle communément le premier plan de segmentation, mais qu'il est en réalité le second, si on regarde la production du globule polaire comme une segmentation. On remarquera également que les deux

Tous les phénomènes, dont l'œuf est le siège depuis son individualisation comme cellule dans le tissu ovarien, jusqu'au moment où débute la segmentation, occupent Robin. Si on excepte la pénétration des spermatozoïdes dans l'œuf, on avait généralement négligé d'étudier les rapports qui relient ces premières phases évolutives, dont l'importance est attestée par leur généralité même et leur succession invariable. Il montre que tel de ces actes qui pouvait sembler secondaire, est pourtant condition essentielle de l'accomplissement de quelque autre qui lui succède dans le même œuf, ou bien représente chez certains êtres l'ébauche d'un phénomène dont la nature n'avait pu être saisie sans la connaissance exacte de celui-là. Nous n'avons pas à entrer dans le détail de ces importants travaux commencés sur les Néphélis et que Robin étendit ensuite aux Diptères. Toutefois un fait capital lui échappe. Il admet l'évanescence totale de la vésicule germinative, dont la technique moderne est au contraire parvenue, non sans peine, à suivre les débris partagés entre le globule polaire et le vitellus. Seulement il voit et il dit en termes exprès que la formation du globule est indépendante de la fécondation et par conséquent uniquement le résultat d'un état antérieur dans lequel la vésicule germinative joue un rôle important. Croyant à la disparition totale de celle-ci, il admet par suite la genèse essentiellement spontanée du noyau vitellin qui se montre au centre de la masse vitelline après la fécondation et qui va devenir par scissiparité (on a vu que Robin en reconnaissait ici l'existence) l'origine des noyaux des sphères vitellines et des cellules embryonnaires. Cette apparition du noyau vitellin que Robin, avec les moyens dont il dispose, croyait spontanée, devint un des principaux arguments à l'appui de sa théorie de la genèse, erreur d'autant plus excusable que la relation de continuité entre la vésicule ou partie de la vésicule germinative et ce noyau vitellin, est encore un des points les moins faciles à suivre des débuts du développement. — « En naissant de toutes pièces, « dit Robin, molécule à molécule, longtemps après la disparition « complète de la vésicule germinative, le noyau vitellin ne repré« sente plus, quand il existe, le noyau de l'ovule, mais bien celui « du vitellus qui vient d'acquérir les qualités d'un nouvel être, « l'embryon; qui vient d'acquérir une indépendance qui lui est « propre, une indépendance par rapport à la membrane vitelline « en particulier dont auparavant il était solidaire ». On remar-

plans de segmentation dont nous parlons, sont perpendiculaires l'un à l'autre, ce qui les fait rentrer dans la règle commune au second et au troisième relativement à celui qu'on désigne ordinairement comme premier.

quera cette dernière observation pleine de justesse et de sagacité.

Un autre travail non moins important de Robin sur la production du blastoderme dans l'œuf centrolécithe des Arthropodes, semble avoir aussi peu que les précédents fixé l'attention de l'auteur anglais du traité d'*Embryogénie et d'organogénie comparée*, quoique ce mémoire ait précédé d'un an le travail de Weissmann sur le développement des Diptères (1863). Ce sont également ces insectes que Robin avait étudiés. Jusqu'alors les observations existant dans la science donnaient à penser que les premières cellules de l'embryon apparaissent chez tous les animaux d'après un mode identique, que la segmentation (totale ou partielle) du vitellus était un phénomène absolument général, qu'elle seule conduisait à la production des cellules embryonnaires et que c'était là un processus universel. Robin reconnut qu'il existe des animaux, en particulier les Tipulaires, chez lesquels le vitellus ne se segmente pas, et cependant s'enveloppe d'un blastoderme des plus nettement caractérisés : c'était donc un processus évolutif tout nouveau, un blastoderme se formant sans existence antérieure d'un noyau vitellin. Robin le rapprocha en conséquence de celui qu'il admettait précisément pour le globule polaire. Nous sommes bien forcés de convenir que malgré les travaux récents de Metschnikoff (1) et de Bobretzky (2) on n'est pas beaucoup plus avancé aujourd'hui sur l'histoire de la formation de ce blastoderme des Arthropodes. On peut dire qu'aucun fait démontrant l'inexactitude de la description de Robin n'a encore été produit, elle reste seulement incomplète par l'ignorance où il était de la persistance plus ou moins partielle de la vésicule germinative, et de son rôle dans l'émission du premier globule polaire.

Les études embryologiques de Robin ne se sont pas arrêtées à ces stades du début, sans contredit les plus importants pour l'histoire générale de la vie parce qu'ils traduisent à nos yeux des activités de la substance vivante dépendant uniquement du premier degré d'organisation. Le développement des systèmes et des organes l'occupe également, surtout celui de la colonne vertébrale, et en général du squelette. Il décrit pour la première fois l'évolution de la notocorde et les transformations que subissent ses restes, sans cesser d'être des organes distincts, au milieu des disques intervertébraux (1867). Il montre l'indépendance embryogénique de l'apophyse odontoïde, la considérant comme le véritable corps

(1) *Embry. Stud. Insecten* (Z. f. w. Z. XVI 1869).

(2) *Ueber die Bildung des Blastoderms der Keimblætter bei den Insecten* (Z f. w Z. XXXI 1878).

de l'atlas, isolé en quelque sorte de ses lames et uni au corps de la vertèbre suivante. Il détermine le lieu précis où débute l'ossification de chaque os long, sans saisir toutefois la relation de ces points de première apparition de la substance osseuse avec la distribution vasculaire du cartilage préexistant. Beaucoup plus tard il décrit en collaboration avec M. Herrmann le développement des bois caducs des Ruminants (1882). Il avait de même étudié autrefois avec M. Magitot l'évolution du cartilage de Meckel, de la mâchoire inférieure et des dents, travail que reprit dans la suite un de ses élèves les plus distingués Legros. Robin et Magitot montrent qu'en fait c'est dans le canal dentaire inférieur d'une part et dans le canal sous-orbitaire d'autre part, mais alors l'un et l'autre à l'état de gouttières, que naissent les follicules des dents. Ils notent que l'apparition des follicules supérieurs est toujours un peu en retard sur la naissance des inférieurs, contrairement à l'opinion généralement admise. Ils établissent que les follicules des petites molaires apparaissent plusieurs mois après la naissance et ceux des deux dernières molaires à une époque encore plus reculée.

Une grande incertitude régnait alors sur les phénomènes de genèse et d'évolution des dents, parce qu'on avait constamment négligé cette méthode comparative dont Robin ne cesse de proclamer la nécessité, l'étendant aux âges, même aux déviations pathologiques : nul ne songeait à réunir et à observer des séries de préparations correspondant aux phases successives du même phénomène, ni à tenir compte des variations régulières qu'il offre chez des espèces animales différentes. Dans une nouvelle série de publications (1859-1860) Robin et Magitot décrivent pour la première fois le tissu au sein duquel naît le follicule dentaire dans la gouttière des maxillaires. Ils font connaître l'origine et l'évolution du follicule ainsi que des tissus qui entrent dans la constitution de la dent. Étendant leurs recherches de l'homme aux animaux domestiques et jusqu'aux Reptiles, ils insistent sur la remarquable uniformité que présentent à la fois les dents et leur mode de développement. Le follicule avec toutes ses parties presque transparentes, juxtaposées, dérivées directement les unes des autres, s'offre dans des conditions tout particulièrement favorables à l'étude. « Ces conditions, dit Robin, deviennent du plus haut intérêt pour « l'anatomie générale, en ce qu'elles permettent de voir de la ma- « nière la plus nette et de comparer des faits que pour les autres « tissus, on est obligé d'étudier séparément dans des régions de « l'économie très éloignées les unes des autres ». Aussi en profite-

t-il pour suivre pas à pas l'enchaînement dans lequel apparaissent ces tissus tous si différents de nature et d'origine. C'est ici qu'on se rend bien compte du peu qu'il eût laissé à faire après lui sur les sujets qui l'ont occupé, s'il avait possédé toutes les ressources de la technique actuelle.

Il était conforme au génie de Robin en étudiant ces questions de développement, d'en tirer la philosophie. Elle consiste pour lui à montrer comment tout peut se passer dans l'économie de la façon que nous voyons, par le seul jeu des forces naturelles, en vertu des propriétés immanentes de la substance organisée, sans avoir besoin de rien chercher au delà, qui rappelle les conceptions religieuses ou métaphysiques dont la Biologie a eu si longtemps à souffrir. Cette question du « devenir déterminé » des êtres est une de celles qu'on pourra toujours reprendre en raison du savoir croissant, et Robin n'a pas de peine à se justifier d'y revenir : Il est incontestable, dit-il, que « la solution de la question de l'appropria-« tion des organes aux usages qu'ils remplissent, implique la con-« naissance d'un grand nombre de données dont la plupart sont « d'acquisition moderne : la notion d'état d'organisation, d'élé-« ment anatomique et de tissu, d'organe et d'appareil, etc...; puis « dogmatiquement, la connaissance de ce qui sépare les phéno-« mènes résultats — on va voir ce que Robin entend par là — des « fonctions de chaque appareil, des usages de chaque organe et « des propriétés immanentes aux éléments anatomiques; elle exige « connus les faits relatifs à la fécondation, la génération, etc... »

Robin a traité cette question de l'appropriation des parties organiques sous une forme assez peu différente, à la fois dans *La Philosophie positive* et dans le *Journal de l'anatomie* (1869-1871). Robin admet en biologie ce qu'il appelle, après A. Comte et De Blainville des *phénomènes résultats* que l'existence des autres phénomènes vitaux ne pouvait faire prévoir et qui ne se rattachent en tant qu'attributs dynamiques ni aux propriétés des éléments anatomiques, ni à celles des tissus, ni à celles des organes ou appareils, mais seulement à l'organisme agissant comme un tout plus ou moins complexe de parties solidaires. L'hérédité est un de ces résultats généraux de la vie, et Robin y joint un autre phénomène qui au fond ne s'en distingue point : le phénomène général de l'ordination des parties et de leur appropriation à l'accomplissement d'actes déterminés en rapport non seulement avec la vie de l'individu, mais encore — il ne faut pas l'oublier — d'une manière générale, avec la permanence de la forme spécifique.

Robin n'a pas traité ce dernier point, peu enclin qu'il était vers les questions de fixité ou de transformisme. C'est l'individu qui l'occupe toujours, non l'espèce. Pour nous faire comprendre l'hérédité, il invoque un phénomène très particulier : on a vu que pour lui la virulence était un mouvement moléculaire spécial et intime se communiquant de proche en proche successivement aux diverses parties constituant l'organisme. « Si l'on admet, dit-il, « cette propriété qu'ont les substances organiques de transmettre « d'une manière lente, mais continue, leur état moléculaire aux « substances avec lesquelles elles sont en contact, il est évident « que toutes les parties qui naîtront directement ou indirecte- « ment à l'aide et aux dépens des premières cellules dérivant du « vitellus, seront modifiées en bien ou en mal selon l'état que « celui-ci offrait lui-même. » Robin revient encore sur ce sujet dans le *Nouveau dictionnaire abrégé*, mais sans donner plus de détails, se bornant à rappeler « qu'un des caractères de la substance « organisée est d'amener tout ce qui vient prendre part à sa propre « constitution, en raison de sa rénovation moléculaire continue, « à posséder un état analogue à celui où cette substance orga- « nisée se trouve dans le moment de cette intervention, d'où il « résulte que la substance des spermatozoïdes et du vitellus com- « binés présentera un état moléculaire de même ordre que ses « deux composants. »

Ce mouvement moléculaire ainsi transmis au vitellus à la fois par la mère directement et par le père médiatement, va entraîner dans l'être à venir les conditions morphologiques mêmes qui ont contribué à l'établir. Il pourra être masqué plus ou moins dans ses effets, mais continuera d'exister, comme le montrent les ressemblances fort naturelles et simplement inattendues qui, suivant l'expression courante, sautent une génération ou se retrouvent chez des collatéraux. Robin n'aborde point d'ailleurs ce difficile problème ni aucun de ceux que soulève l'hérédité envisagée comme constituant et maintenant l'espèce; il nous donne par contre une très bonne définition de l'hérédité sociale, « celle, dit-il, qui fait que ce « qui se gagne par les œuvres de nature plus élevée (innéité), finit « par se consolider dans les autres à l'aide de l'hérédité directe. « Et grâce à ce fait les peuples civilisés prennent des aptitudes, des « goûts, des penchants qui d'une part les préservent des retours « vers des périodes d'ordre moins élevé de la civilisation, et, « d'autre part, offrent une base solide à un nouveau développe- « ment d'aptitudes plus puissantes et de penchants mieux réglés. » (*Nouveau dictionnaire abrégé.*)

On remarquera que Robin fait ici intervenir l'innéité (1). On peut établir en effet que tout le perfectionnement organique et social que l'évidence démontre s'être accompli à la longue sur notre planète, trouve sa raison suffisante dans ces deux résultats de l'état d'organisation (résultats, puisqu'ils n'ont pu le précéder) : 1° l'*innéité* ou spontanéité; 2° la *transmissibilité* ou hérédité active. Avec ces deux facteurs on arrive à refaire le monde organique tout entier, dans sa pérennité (les conditions de milieu restant favorables) et dans sa variabilité. Ajoutons qu'ils nous apparaissent dans une sorte d'antagonisme constant. L'innéité, c'est l'aptitude à se gouverner dans le milieu, aptitude résultant pour chaque être de l'agencement et de la qualité, c'est à dire de la constitution moléculaire des organes où nous localisons — plus qu'il convient peut-être — les actes de névrilité. Ceux-ci auront par suite une influence plus ou moins heureuse : cette influence jointe au hasard des autres variations moléculaires qui ont pu survenir dans tous les organes, variations susceptibles, comme les premières, de se transmettre, pourra évidemment donner naissance, à la longue, à l'infinité des formes qui peuplent la planète.

Mais revenons à l'*individu*, à l'appropriation de ses parties aux diverses fonctions, et à la manière dont Robin comprend l'établissement de cette appropriation et le modelage successif de l'organisme qui l'exprime. Est-il besoin de dire qu'il rejette de la façon la plus absolue l'idée d'un principe directeur quelconque qui dominerait et modifierait selon telle ou telle direction la matière organique? C'est en elle-même, dans ses propriétés fondamentales, dans sa constitution et son origine qu'elle va puiser cette puissance d'appropriation fonctionnelle et morphologique qui distingue chaque espèce. Ce principe avait été proclamé pour la première fois par M. Chevreul en 1824 (2), M. Armand Gautier vient d'en donner récemment une première démonstration (3). C'est ce même principe que développe Robin ; toujours fidèle à sa doctrine, il montre comment chez l'individu l'état d'organisation devient la raison d'être de l'appropriation des tissus et des organes; la naissance et le développement des premiers, l'augmentation ou l'atrophie des seconds seront fatalement reliés à l'évolution même des éléments qui les

(1) Contrairement à ce qu'on pouvait attendre, on ne trouve point ce mot dans le *Nouv. dict. abrégé*.

(2) *Considérations générales sur l'analyse organique et ses applications*, Paris, 1824; et *Comptes rendus*, t. V, 1837, p. 175.

(3) *Du mécanisme de la variation des êtres vivants*. Dans *Hommage à M. Chevreul à l'occasion de son centenaire*. Paris, Alcan, 1886.

forment; le devenir des tissus et des organes sera en définitive une conséquence directe du mode de fonctionnement des éléments anatomiques. Et il ne suffit plus d'admettre avec Lamarck que l'exercice prolongé ou plus fréquent va modifier l'organe; il faut maintenant, en raison des progrès accomplis par la biologie, montrer comment la nécessité d'exercer un organe, ou simplement la volonté de l'exercer (innéité), l'exercice de cet organe en un mot, vont créer des conditions moléculaires intimes devant aboutir à une modification de forme, de nombre ou d'activité des éléments anatomiques le composant.

Dès le seuil de la vie embryonnaire nous pouvons constater cette importance dominante de l'état moléculaire. Pour que les premiers changements se fassent dans le vitellus, il faut évidemment que la constitution moléculaire de la masse amorphe dont il est composé, soit congruente, ou en d'autres termes dans un état moléculaire donné. Il faut, si le vitellus n'est pas de ceux qui se segmentent pathénogénétiquement, que la substance du spermatozoïde ait, en se combinant ou se mêlant à la substance de l'ovule, produit des combinaisons moléculaires spéciales et d'ailleurs très limitées, puisqu'elles ne peuvent prendre naissance qu'au contact du spermatozoïde spécifique, et seulement dans des cas très rares au contact d'un spermatozoïde d'espèce différente; et même alors on a la preuve que la combinaison moléculaire initiale a été différente, puisque les modifications que subira ce vitellus, vont s'en trouver influencées jusqu'aux dernières.

De même quand le vitellus se sera segmenté et transformé totalement ou partiellement en blastoderme, la naissance de chaque espèce nouvelle d'éléments sera nécessairement fonction d'un état chimique spécial. La doctrine de Robin sur la genèse n'est point ici en cause. Mais il est évident que l'apparition — par différenciation ou autrement, peu importe — d'éléments nouveaux, est d'une part dépendante de l'état antécédent, et d'autre part entraîne dans un ordre inévitable l'accomplissement d'actes, nuls jusque-là, subordonnés à la constitution spécifique de ces éléments, et à leur arrivée graduelle à une structure intime donnée. Cette ordination qui conduit pas à pas l'économie dérivée du vitellus à présenter les dispositions entraînant l'aptitude à chaque fonction, n'est en définitive que le résultat des modes d'individualisation et d'évolution des éléments anatomiques, ce que Robin, De Blainville (1) et Comte appellent un *résultat* de la vitalité.

C'est en partant de ces vues que Robin crut devoir combattre une

(1) Voy. *Plan d'un cours de physiologie*. Paris, 1832.

conception introduite dans la science par Cuvier et nettement formulée plus tard par J. Müller, d'après laquelle l'ovule est considéré comme contenant l'être à venir en germe (1) ou en puissance (2). Mais ici encore il faut faire la part des mots. Robin a évidemment raison, sans se séparer autant qu'il paraît le croire lui-même, de ceux dont il combat l'opinion. Au fond, il ne comprend pas autrement qu'eux l'évolution embryonnaire, il en donne seulement, par suite de l'acquis croissant des sciences, une formule plus rigoureusement exacte. Dire d'un être à venir qu'il est « en puissance » dans le germe, est évidemment une expression assez peu philosophique, pour commode qu'elle soit. Autant dire que des cristaux sont « en puissance » dans la solution saline qui les laissera déposer quand de nouvelles conditions de température, de densité ou autres interviendront. Et même à ce point de vue, on ne doit pas comprendre le germe comme contenant en puissance un être donné. Prenons des œufs de Saumon : l'expérience a appris combien de monstres pour mille individus sortiront de ces œufs dans les conditions normales; peut-on dire que chacun d'eux contient, abstraction faite de ces monstruosités prévues, un saumon en *germe* ou en *puissance*, un être reproduisant les traits caractéristiques de l'espèce? En aucune façon, car il suffira de changer les conditions, de soumettre ces œufs à des trépidations, des compressions, pour qu'ils donnent une proportion beaucoup plus considérable de monstres doubles ou autres. Ces monstres étaient donc aussi en germe dans le vitellus normal? En réalité c'est une quantité d'êtres pouvant différer considérablement, *mais d'une certaine façon*, que contient en puissance chaque vi-

(1) « La vie suppose l'être vivant comme l'attribut suppose le sujet. Quelque faibles « que soient les parties d'un fœtus ou d'une graine dans les premiers instants où il « nous est possible de les apercevoir, quelque différente que soit leur première forme « de ce qu'elle doit devenir un jour, ils exercent cependant dès lors une véritable vie « et ils ont déjà en eux *le germe* de tous les phénomènes que cette vie doit développer « par la suite. Mais ce qui n'est pas moins généralement constant, c'est qu'il n'est aucun « de ces corps qui n'ait fait autrefois partie d'un corps semblable à lui, dont il s'est dé- « taché... Le mouvement propre aux corps vivants n'a donc réellement son origine que « dans celui de leurs parents; c'est d'eux qu'ils ont reçu l'impulsion vitale; leur nais- « sance n'est qu'une individualisation; en un mot, dans l'état actuel des choses, la vie « ne naît que de la vie, et il n'en existe d'autre que celle qui a été transmise de corps « vivants en corps vivants par une succession non interrompue ». (G. Cuvier, *Anat. comp.*, 1835, t. I, p. 6-7.) Nous avons cru devoir reproduire en entier cet important passage.

(2) « Le germe est le tout en puissance; quand il se développe, les parties inté- « grantes du tout apparaissent en acte. En observant l'œuf, nous voyons s'effectuer « sous nos yeux cette centralisation, émanant d'un tout potentiel ». (J. Müller.)

tellus. Le langage commun peut ici nous fournir l'expression juste. Ce n'est pas tel ou tel saumon, monstrueux ou non, que le vitellus donnera, c'est *du saumon*. Car quelque imparfait que soit le monstre auquel ce vitellus aboutira par son évolution, fût-ce une môle informe, il aura toujours en lui sa qualité spécifique, représentée ici non plus par les caractères de configuration extérieure, mais seulement par sa constitution moléculaire, qui nous apparaît une fois de plus comme la véritable dominante de l'organisme.

Pour Robin, le vitellus fécondé n'a pas d'autre puissance que celle de manifester les phénomènes qui vont, en ce moment même le modifier; à son tour l'organisme nouveau résultant de cette modification, va produire l'organisme qui sera au moment suivant; et comme le temps marche sans trêve, comme le mouvement nutritif est incessant, c'est par une vue de l'esprit purement conventionnelle que nous parlons de « stades. » L'état intime du vitellus à l'instant où il vient de se partager en deux demi-sphères, a pour conséquence directe, immédiate, fatale, le partage nouveau de ces deux demi-sphères; et il en est de même pendant toute la durée de la vie, depuis les actes génésiques relativement simples du début, jusqu'à ceux particulièrement rapides et compliqués que marquera bientôt l'apparition presque simultanée d'un grand nombre d'organes. Les éléments anatomiques vont se multiplier en espèces, pour chaque espèce en nombre et en dispositions spéciales. Cette multiplication suppose à la fois l'influence de l'état antérieur des éléments dont les nouveaux dérivent, et l'état congruent du milieu où ils vont naître et d'où ils tireront les principes de leur existence.

On conçoit d'ailleurs que cette production d'éléments, toujours et fatalement subordonnée aux conditions de milieu et d'état antérieur, aboutisse inévitablement à une coordination des parties, les rendant propres aux diverses fonctions dans ce milieu avec lequel leurs propriétés sont en rapport nécessaire. De même on peut concevoir que tel élément ou tissu arrive plus ou moins tôt, suivant sa composition immédiate (condition de son activité moléculaire) à une certaine puissance d'accroissement; et que celle-ci selon sa rapidité dans tel ou tel organe, provoque l'accélération ou le ralentissement de l'évolution de tel autre, en puisse déterminer l'atrophie partielle ou totale, et de toutes ces façons concourir d'une part à l'établissement définitif et régulier des diverses fonctions, de l'autre au maintien de la forme spécifique entre certaines limites. Robin résume ainsi toute sa doctrine sur ce point : « L'économie est le siège « d'un ensemble d'actes dont l'accomplissement simultané repré- « sente, tant qu'il dure, des conditions nouvelles à la fois statiques et

« dynamiques ou d'équilibre et de mouvement qui amènent la « manifestation d'un ou de plusieurs phénomènes plus complexes « que les premiers, qui sont comme la résultante commune de « plusieurs mouvements relativement simples, si bien que celui de « ces résultats qu'on envisage, sans être identifiable ou réductible « à l'un quelconque des actes élémentaires composants, reconnaît « leur simultanéité comme cause à la fois immédiate et détermi- « nante ou génératrice. De telle sorte que l'un de ces derniers ne « saurait varier sans que le résultat général, plus manifeste que « l'un quelconque des composants, ne soit modifié d'une manière « corrélative. »

La tératologie trouve ici même sa formule. Un accident fort simple entraînera la production des monstres les plus complexes, pourvu qu'il se produise au début de l'évolution. Une cellule placée dans la direction où s'allonge le sillon médullaire, garde, en vertu de son état moléculaire propre ou de celui des cellules voisines, sa place médiane : par cela seul le sillon se partage en deux branches dont chacune continue d'évoluer comme eut fait le sillon normal ; à droite et à gauche de chaque branche se manifestent tous les phénomènes qui devaient seulement se manifester à gauche et à droite du sillon unique ; on aura un monstre double.

En résumé nous savons où, quand et comment naissent chacune des parties simples de l'organisme; nous savons, sinon de quelle manière, du moins avec certitude, comment chacune de celles qui apparaissent apporte, par le fait même de son existence, la raison d'être des suivantes. Nous savons l'ordre de naissance des parties et les conditions d'existence de cet ordre. Nous savons, sinon de quelle manière, au moins avec certitude, comment le moindre écart dans cet ordre trouble consécutivement et corrélativement tout ce qui se fait ensuite. Nous sommes renseignés sur ces questions capitales autant que sur la plupart des autres phénomènes simples et complexes de l'économie. Nous en savons le *comment*, mais nullement le *pourquoi*. Ce pourquoi est en dehors de la science positive. Les hypothèses qu'on pourrait faire ici, n'étant pas vérifiables n'ont point de place dans les préoccupations de la biologie et n'en sauraient avoir ailleurs. « Rien de plus saisissant, conclut Robin, et de plus éversif « pour les hypothèses métaphysiques que la rigoureuse régularité « et la délicatesse avec laquelle chacun des phénomènes observés « en suscite un autre, rien n'est plus frappant que de voir comment « nul de ces derniers n'a lieu sans un antécédent qui suspendu, trou- « blé ou supprimé, suspend, altère ou supprime le suivant et con- « sécutivement tous ceux qui lui succèdent. »

XII. — Le Sénateur. — Le traité des Rapports de l'instruction et de l'éducation. — L'homme privé. — Le Nouveau dictionnaire abrégé — Les élèves. — Les laboratoires. — La mort. — Un monument.

On peut dire que l'anatomie, les sciences de l'organisation ont absorbé toute entière la vie de Robin. En dehors d'elles, il ne joue presque aucun rôle. Et pourtant, en fidèle disciple d'Auguste Comte, il ne se désintéressa d'aucune question sociale. Nul ne fut plus sensible aux malheurs de la patrie en 1870. Il était à Jasseron quand la guerre éclata. Dès que l'arrivée de Gambetta en province eut donné le signal de la résistance, Robin lui écrivit pour se mettre à la disposition du gouvernement. Gambetta le connaissait et le nomma aussitôt directeur du service de santé. Dans ces fonctions, auxquelles il n'était nullement préparé, Robin se montra bon administrateur. Au milieu de difficultés et de sollicitations de toutes sortes, il sut garder une complète indépendance et n'eut d'autre règle que l'accomplissement de la tâche qui lui incombait, par les meilleures méthodes.

L'année suivante, de concert avec Littré, il fonde la Société de sociologie — qui n'eut, croyons-nous, qu'une existence éphémère — pour l'application de la méthode positive et scientifique à l'étude des doctrines sociales. En 1875, après la constitution définitive du régime républicain, les électeurs sénatoriaux du département de l'Ain où Robin allait chaque année, où il avait conservé de nombreuses relations, où sa réputation avait grandi, l'envoyèrent siéger dans la haute Assemblée par 341 voix sur 540 électeurs. Il n'avait point recherché le mandat sénatorial. Il n'avait en réalité aucune ambition et se montra même quelque peu dédaigneux des distinctions. On savait qu'il était depuis longtemps chevalier de la Légion d'honneur, quoiqu'il n'en portât pas les insignes. Un jour, le ministère Ferry voulut le nommer officier, et comme on ne trouvait pas la date de sa première promotion, on s'adressa à lui pour la connaître. Il demanda très simplement qu'on ne lui fit point cet honneur que le gouvernement pouvait avoir peut-être intérêt à reporter sur un autre.

Robin avait accepté son siège sénatorial par devoir. Lui-même, vers cette époque (1876), a indiqué nettement l'obligation pour chaque citoyen de ne point se dérober aux mandats dont il peut être investi. « Nul n'a le droit, écrivait-il, et dans le présent « moins que jamais, de se départir de toute préoccupation des

« affaires publiques. Nul, par conséquent, n'est autorisé à négliger « d'acquérir et de répandre les notions voulues pour faire saisir « ce que sont les conditions d'existence des sociétés ; comment « elles se lient à ce qui constitue la véritable nature de l'activité « humaine. Se vanter de ne rien connaître de ces questions, trou« ver ennuyeux ou ridicule de remplir les devoirs politiques, « regarder comme de pure ambition et comme un abaissement « peu digne de considération l'acceptation des fonctions sociales « dues à l'élection, récriminer contre ceux qui s'en chargent : telle « est pourtant la succession de contradictions, dont nous donnent « l'exemple ceux en si grand nombre encore qui se plaignent « incessamment de ce que la vie publique, par ses nécessités iné« vitables, dérange leur quiétude que favorise tant cette ignorance « de toutes choses et qu'aiment à entretenir le césarisme autant « que les monarchies » (1).

Au Sénat, Robin prit place sur les bancs de la gauche et il a oujours voté avec elle, même quand ses opinions personnelles n'étaient pas en harmonie avec celles de la majorité républicaine. Il sut toujours faire plier sa pensée, si fermement assise cependant en toutes choses, aux nécessités de la discipline du parti. Cependant, son rôle au Sénat demeura fort effacé, jusque dans des situations où il avait toute autorité et où il eût pu rendre d'éminents services, par exemple comme président de la Commission des pêches.

Un fervent disciple de Comte, M. Pichard, dans une allocution qu'il a prononcée sur la tombe de Robin au nom des adeptes de la Philosophie positive, a très bien expliqué à la fois les opinions politiques de l'éminent biologiste et par quelles causes allait se trouver reléguée au second plan, dans une assemblée politique, cette grande intelligence qui n'avait aucun des moyens de persuasion — ni la parole, ni la plume — par lesquels on conduit les hommes, les foules, le public : « Familiarisé, par ses études, avec « la notion de marche lente et graduelle dans le développement « de l'être vivant, Robin ne l'était pas moins, à la lumière de la « Philosophie positive, avec celle d'évolution naturelle des sociétés. « Sa croyance dans la direction des mouvements sociaux par des « lois naturelles agissant, malgré les apparences, même à l'en« contre de volontés plus ou moins fermes ou habiles, était absolue.

« Dans un esprit aussi solide, les convictions politiques ne pou« vaient être que la conséquence des opinions philosophiques.

(1) *Des rapports de l'instruction et de l'éducation*, p. 37.

« Charles Robin avait vu clairement que le seul fondement d'une « politique stable et féconde est la connaissance des lois naturelles « qui régissent les phénomènes sociaux, lois qui permettront, par « les côtés où elles donnent prise à l'action de l'homme, d'opérer « des modifications utiles et bienfaisantes dans l'état social.

« Or, la recherche de ces lois, comme celle de toute loi natu- « relle, relève de la méthode expérimentale.

« Ch. Robin s'était attaché à la République, non comme à une « forme de gouvernement d'une supériorité transcendante, au-des- « sus de toute discussion, mais comme à un moyen excellent, déjà « éprouvé ailleurs, en Suisse, aux États-Unis, le seul qui permette « chez nous de poursuivre librement et avec le concours de « tous, en dehors de toute préoccupation dynastique, ce vaste pro- « gramme d'expériences politiques que comporte la recherche des « conditions assurant la santé et le bien-être du corps social.

« Mais l'efficacité de la méthode d'expérimentation politique « suppose la vue claire du principe qui en légitime l'emploi, chez « ceux qui seront autorisés à la pratiquer ; et parmi ceux qui devront « en adopter les résultats, la notion de causalité naturelle dans les « choses sociales. Or, peu d'esprits encore sont familiarisés avec « cette notion. On croit toujours à la puissance de volontés diri- « geantes, à l'efficacité des coups de force ou d'habileté, malgré « l'inanité tant de fois reconnue de leurs effets.

« Ch. Robin avait parfaitement conscience de cette situation « mentale. Aussi, peu zélé pour la politique d'action là ou le ter- « rain se dérobe, avait-il porté ses efforts vers l'étude des moyens « propres à hâter la préparation intellectuelle nécessaire à la sta- « bilité de nos institutions, ainsi qu'en témoignent tous ses écrits « philosophiques et notamment son traité des *Rapports de l'instruc- « tion et de l'éducation.* »

L'essai dont parle ici M. Pichard, est celui-là même auquel nous avons emprunté plus haut l'opinion de Robin sur l'obligation d'accepter les devoirs civiques. Il avait paru d'abord en articles dans *La Philosophie positive*, juillet-août 1876.

Depuis longtemps, l'Église ne se bornait point à réclamer la liberté de l'enseignement supérieur « pour opposer un enseignement catholique » à l'enseignement des Facultés de médecine, comme on l'avouait naïvement (*Revue médicale*, déc. 1865.) Elle élevait la prétention de conférer des grades équivalents à ceux de l'État. Un article anonyme, publié par un journal en février 1872, frappa beaucoup Robin, en montrant l'espèce de dualisme créé dans la société française par l'opposition de l'esprit religieux sub-

sistant et de l'esprit scientifique naissant. Robin résolut de montrer à son tour les inconvénients, les pertes vives qui résultent pour une société, d'un rattachement exclusif à des systèmes passés et dont l'invariabilité est le principe déclaré, quand cette société doit, au contraire, se faire une règle de regarder en avant et de puiser dans la notion d'une évolution nécessaire la confiance aux forces de l'esprit humain, la foi au progrès, la certitude de travailler utilement à l'amélioration matérielle et morale de soi-même et des siens.

Sans doute, tout cela avait été déjà dit par Comte, spécialement dans un *Cours sur l'Histoire de l'Humanité*, professé en 1849 (puis en 1850 et 1851) au Palais-Cardinal, et dont Robin nous apprend avoir les cahiers sous les yeux (1). Mais les développements qu'il en tire, les applications qu'il en fait aux questions alors pendantes et directement à la situation politique de la France en 1876, laissent à l'essai dont nous parlons, tout son caractère d'originalité. La partie la plus intéressante est certainement ce qui a trait à l'éducation de l'enfant. Les choses y sont peut-être trop systématisées, selon l'habitude du maître. Mais on n'oubliera pas qu'il s'agit ici d'une étude théorique qui ne peut jamais envisager que des moyennes. C'est affaire à ceux qui s'occupent directement de pédagogie, de mesurer aux cas particuliers la latitude nécessaire que comporte toute régle générale.

Robin, d'accord en cela avec Gall, Broussais, Comte, Lallemand, établit d'abord ce principe général que l'éducateur doit avant tout connaître physiologiquement les facultés dont il se propose de diriger et de perfectionner l'exercice. On se saurait donc trop condamner cette coutume, née de scrupules coupables dans la pensée même qui les évoque, qui consiste à séparer les sexes à un âge où il n'y a pas encore véritablement de sexes, et à confier les tout jeunes enfants à des instituteurs, quand la femme par destination physiologique est appelée à diriger également les garçons et les filles dans le premier âge.

Pour Robin, l'éducation familiale ou privée doit s'étendre jusqu'à 14 ans, divisée en deux moitiés, dont l'âge de 7 ans marque la limite approximative.

Dans la première période, l'attention des parents ou des éducateurs doit avoir pour but unique de diriger les sentiments qui font agir l'enfant, plutôt que ses actions mêmes. La mère est le centre naturel et primitif de ces sentiments qui s'étendront plus

(1) Voy. ci-dessus p. VI, note.

tard de proche en proche par le simple effet du contact familial, puis social. Toute visée d'instruction proprement dite doit être soigneusement écartée. Il y a barbarie à apprendre aux enfants à lire avant 6 ou 7 ans. N'est-il pas naturel, nécessaire qu'ils connaissent l'existence, la morphologie des choses avant d'étudier la figure des termes et des signes qui fixent la notion de cette existence?

Les jeux ne sont pas indifférents non plus, bien que Robin semble négliger un peu ce point spécial. Nous relevons toutefois cette indication très nette, bien marquée à l'empreinte de son puissant caractère : « L'enfant doit apprendre à développer l'instinct construc-« teur, à construire jusqu'à mettre la dernière main à ce qu'il a « entrepris. C'est pour ne l'avoir pas fait que nous passons notre « vie à faire des projets irréalisés et que nous manquons de persé-« vérance. »

Avec la seconde enfance commencent des devoirs nouveaux. L'enfant va puiser dans les exercices physiques l'habitude d'un travail régulier. Il va apprendre à lire, à écrire, à dessiner. Mais il faut qu'il apprenne tout cela *directement* et non d'après de prétendus principes généraux et absolus, pas plus qu'on ne lui a appris à parler dans la deuxième et la troisième année, d'après tel ou tel principe. En même temps, cet âge est particulièrement celui des facultés affectives. L'enfant vit tout de sentiments, il est beaucoup moins accessible aux idées. Ses lectures devront être les fabulistes, les conteurs, les poètes. Les contes de fées qui ont tant de charme pour lui, ne devront en aucune façon être exclus pour cette raison qu'ils présentent à son esprit des phénomènes extranaturels. On n'a point à craindre que son esprit en garde l'empreinte, comme il fait des superstitions religieuses. Celles-ci ne demeurent que parce qu'elles sont sans cesse maintenues en éveil, dans le cerveau grandissant, par la répétition journalière de l'exemple, par le contact perpétuel des croyants, par les manifestations sociales du culte, etc., etc., tandis que pour les autres fables rien de tout cela n'est à craindre. A cet âge aussi, le rapport des signes aux choses, rapport dont l'écriture est la manifestation la plus éclatante, initiera l'enfant à une sorte de logique rudimentaire et graduellement éveillera en lui les facultés d'analyse, de méditation nécessaires pour aborder l'étude des diverses sciences mathématiques, naturelles (dans l'ancienne extension du terme) et sociologiques (histoire, politique, littérature).

Au cours de cette éducation primaire, Robin n'omet pas de signaler l'importance des « leçons de choses » sans toutefois employer ce nom quelque peu ridicule, dont on affuble un exercice trop mal compris.

Nous voulons parler de ces collections ineptes, dont on inonde les écoles, avec des assiettes et des bouteilles grosses comme le pouce pour montrer — chose à peine croyable — ce qu'est une bouteille ou une assiette! N'est-ce pas se faire une étrange idée des conditions les plus favorables au développement intellectuel de l'enfant? La véritable leçon de choses, la voici : « Il n'est pas de ville ou de « village, dit Robin, où ne se trouve à chaque instant, sous les pas « des enfants, à telle ou telle époque de l'année, un nombre suffi- « sant et souvent considérable d'espèces minérales et d'espèces « organiques, dont une connaissance même sommaire est utile pour « tout le reste des études de la vie. Or, partout l'enseignement en « laisse négliger absolument l'étude. » Les promenades seront l'occasion d'apprendre la géographie et celle-ci conduira à l'histoire.

Fidèle disciple de Comte, Robin veut nécessairement que l'enseignement secondaire suive la marche même du développement et de la hiérarchie des sciences, d'après les principes connus de l'École positiviste. La morale sera enseignée la dernière comme couronnement de l'instruction secondaire, de même qu'elle est le couronnement de la sociologie.

A l'enseignement supérieur revient la diffusion des clartés de la science acquise. Mais on ne perdra jamais de vue que cet enseignement ne fait pas des savants. C'est là une remarque très juste. « On « peut apprendre à un autre ce que sont ces clartés et les procédés « toujours perfectibles, à l'aide desquels on a constaté la réalité; « mais ces conceptions et les voies à suivre pour en démontrer « l'exactitude, ne s'enseignent pas. De là vient que, presque tou- « jours, l'homme de science sort du milieu de ceux dont l'éduca- « tion a été imparfaite ou irrégulière au point de vue officiel, et « reste inévitablement un original devant le plus grand nombre. « C'est qu'en effet ses conceptions et ses procédés de démonstra- « tion lui sont propres et personnels quant à leur origine. »

Robin, on le pense bien, n'oublie pas l'instruction civique qui doit apprendre à chacun à connaître les rouages gouvernementaux et administratifs de l'État, à la prospérité duquel tous les citoyens sont intéressés. Mais il semble attribuer plus d'importance encore à une instruction économique nécessaire : « Rien de facile, dit-il, « comme de faire savoir à l'enfant les relations entre l'agriculture « qui produit, l'industrie qui met en œuvre, le commerce qui dis- « tribue, et la banque qui facilite les échanges. Cependant ce sont « là des notions ignorées du plus grand nombre. Or, pour qui sait « à quel point la connaissance entraîne le respect de la chose « connue, l'importance sociale de ce genre d'instruction sera facile-

« ment saisie, c'est elle qui apprendra au paysan et à l'ouvrier à « préférer le banquier à l'usurier, et lui montrera dans le proprié- « taire, l'industriel, le financier, des fonctionnaires d'un certain « ordre dont l'existence est nécessaire à tous. »

Dans un sujet aussi vaste que celui des *Rapports de l'éducation et de l'instruction*, Robin trouve naturellement maintes occasions d'affirmer les principes de sa philosophie et de la défendre contre les erreurs ou la mauvaise foi de ses adversaires. Nous venons de le voir partisan, pour l'enfant, de la lecture d'œuvres aussi purement imaginatives que les contes de fées, parce qu'à cet âge les sentiments seuls attachent le petit lecteur. De même il montre quelle erreur cela est de dire que la science détruit tout sentiment poétique. Le Positivisme nierait les faits s'il niait l'imagination, il prétend seulement que celle-ci reste en rapport avec son temps et son milieu : « Alors même qu'il s'agit d'œuvres esthétiques, dit Robin, celui qui « voudrait se dégager de tout ce qui est de son temps et faire de l'art « pour l'art, aussi bien qu'en science et en politique, celui-ci est de « par ce fait frappé de stérilité. » Notons ailleurs cette remarque : « Plus s'étend notre savoir de la réalité, plus s'élargit le domaine « de l'imagination. » C'est encore la même pensée que Robin exprime d'une manière plus rigoureuse, quand il dit que « l'imagi- « nation est une des manifestations de la puissance productive de « l'encéphale, forcément proportionnée à sa réceptivité pour les « notions extérieures de toutes sortes. »

Après avoir exposé ses vues d'ensemble sur l'éducation, Robin revient à son point de départ, au dualisme créé par l'esprit moderne ou scientifique, et l'esprit ancien ou religieux dans la société contemporaine, à ce dualisme dénoncé par l'auteur anonyme dont l'article avait invité Robin à écrire cet essai sur l'éducation, plus étranger en apparence qu'en réalité à ses préoccupations courantes.

Il pose d'abord en principe la nécessité même de l'instruction, par cet argument de fait que « dans toute question d'ordre indivi- « duel et social, le danger vient de ceux qui ne savent pas : le dan- « ger est d'autant plus grand que le nombre de ceux-ci est plus « considérable et pèse davantage sur la solution de toute question « dans laquelle interviennent les masses, depuis celles des villages « jusqu'à celles de tout un État. » Mais si l'instruction est nécessaire, elle n'est véritablement profitable qu'à la condition d'être appuyée exclusivement sur les données scientifiques, nous dirions aujourd'hui à la condition d'être laïque. Et l'on peut juger si le philosophe laisse ici cours à l'éternel ressentiment de la libre pensée, contre le servage où l'Église a si longtemps tenu l'esprit

humain. Il montre non seulement la vanité de l'éducation religieuse, mais le temps qu'elle prend d'abord au préjudice de notions essentielles au fonctionnement social de l'individu, sans compter celui qu'il faut perdre plus tard pour se débarrasser des fictions inutiles.

Et Robin poursuit les conséquences de ce mal originel : « C'est « la déviation imposée par la métaphysique à l'enseignement, c'est « le défaut d'assises de celui-ci sur les notions de la science po- « sitive, c'est cette méconnaissance de tout ce qui caractérise et « constitue la véritable nature de l'activité humaine, qui devient « ainsi la cause des sourdes résistances que nous voyons si souvent « les administrations publiques opposer aux réformes. » Il est naturel qu'on se préoccupe peu de progrès, quand on est instruit beaucoup plus en vue d'un passé soumis au despotisme de l'idée théologique, que d'un avenir de plus en plus affranchi de ces superstitions néfastes. Un des buts de l'éducation véritablement scientifique et moderne doit être, au contraire, de bien faire éclater à l'esprit « que « le progrès est le développement de l'ordre, ou en d'autres termes, « que toutes les acquisitions des sciences qu'on ne saurait arrêter « aujourd'hui, entraînent des modifications inévitables dans tous « les arts, depuis l'agriculture jusqu'aux divers modes de l'adminis- « tration. » — Et Robin ajoute avec raison que « le reproche d'aller « trop avant en présentant comme actuellement exécutables des « applications des progrès intellectuels dans les divers ordres de « l'activité sociale, alors même qu'il reste à démontrer le fait par « l'essai lui-même, mérite un plus grand honneur que toute tenta- « tive de retour à des choses antécédentes que l'histoire a toujours « démontrées non renouvelables » (1).

Comme on le voit, Robin par tempérament était ce que nous appelons un radical, il était du parti qui veut le progrès rapide avec ses risques, non le lent progrès qui marche d'un pas assuré sur un terrain d'avance affermi. Peut-être les leçons de l'histoire lui avaient-elles enseigné ce qu'il y a de vain dans l'utopie libérale et combien elle est peu conforme aux lois de l'évolution qui ne nous montre jamais l'organisme marchant d'un pas égal dans son devenir, mais présentant des crises, des sortes de révolutions, comme sont les métamorphoses. Robin était sans doute de ceux qui entendant répéter que la masse de la population n'est pas prête pour certaines réformes, aurait répondu : « Certes, si l'on avait attendu les provinciaux pour prendre la Bastille, elle serait encore debout. »

(1) *Des rapports de l'instruction et de l'éducation*, p. 69.

La question sociale des rapports de l'instruction et de l'éducation, n'avait pas seule occupé Robin vers la fin de sa vie, et nous avons retrouvé dans ses papiers un dossiers de notes, plutôt qu'un manuscrit, avec ce titre caractéristique : *De l'origine physiologique de la religiosité.*

Robin ne s'est point marié. Il n'a pas laissé d'enfants. Sa vie fut toujours des plus simples, quoiqu'il eût une certaine fortune. Quand le juge de paix entra dans son appartement du boulevard Saint-Germain, où l'on avait mis les scellés à la nouvelle de sa mort, le magistrat fut profondément étonné de l'apparence modeste du logement occupé par un sénateur et un professeur si connu : un petit salon d'attente et un cabinet plein de livres, de microscopes, de papiers, une salle à manger à peine meublée, une chambre où nul jamais n'entrait, tel était son intérieur tenu par une femme de ménage élevée à la dignité de bonne le jour où il était devenu sénateur. Il ne faisait jamais qu'un seul déjeuner et le même tous les jours de l'année : une côtelette demi-crue avec quelque dessert et deux tasses de café fort. C'était le moment où il recevait ses intimes, ses élèves, où il parcourait la feuille officielle et les journaux de son département. Tous les soirs il dînait dans des maisons amies où il s'était fait des habitudes, et où il était toujours le bien venu, apportant grand appétit et joyeuse humeur. Parmi ces maisons aimées, il n'en était aucune qu'il aimât autant que celle de son ancien élève, le Dr Goujon, maire du XIIe arrondissement et son collègue au Sénat.

Ceux qui n'ont point connu Robin dans ces relations intimes de l'amitié, ne se figureront jamais en parcourant ses écrits âpres, sérieux jusqu'à la lourdeur, l'homme qu'il était une fois la journée de travail finie, plein de verve, d'entrain, de plaisanterie, de chansons, même quelquefois légèrement salées, bien venu de tous, adoré des enfants et même entretenant avec les bêtes de la maison, les chats, les chiens, grand commerce d'amitié.

Il avait été très lié avec Doré, il fut un des convives habituels de ces agapes où la verve extravagante de l'amphytrion se donnait carrière dans la composition, chaque semaine nouvelle, de quelque plat extraordinaire. Martinet le graveur fut aussi de ses amis, c'est à lui que nous devons le beau portrait placé en tête de cette étude. Il fut de même longtemps très lié avec M. Alexandre Dumas fils. Michelet l'avait pris en haute estime et Robin fut souvent le commençal de ces repas recherchés comme un honneur où présidait la verve puissante de l'historien et la grâce de sa com-

pagne. Michelet s'était adressé à Robin quand il composa ses livres d'histoire naturelle; il se fit un jour expliquer par lui la structure du cerveau, où le grand poète avait vu dans les lobes de la face inférieure une configuration de fleur, comme un camélia ou un lotus. Dans son testament Michelet prévoyait le cas où il mourrait à Paris et chargeait Robin de faire son autopsie. Robin fréquenta aussi Sainte-Beuve, il était avec Flaubert et le prince Napoléon, de ce dîner gras d'un certain vendredi saint, dont on parla beaucoup dans le temps. Il retrouvait Sainte-Beuve tous les quinze jours dans une réunion où se groupaient autour de l'éminent critique des esprits tels que MM. Renan, Berthelot, de Goncourt, Taine, et plus tard Gambetta, MM. Hébrard, Jules Roche, Spuller, Bréal, Boutmy, etc. On sait ses constantes relations et sa collaboration de tous les jours avec Littré. Après la mort de son ami, il dirigea à sa place *La Philosophie positive* pendant les deux ans qu'elle survécut à celui qui en avait été véritablement l'âme, lui donnant tant de pages remarquées sur les sujets les plus divers.

Indirectement la mort de Littré eut une influence sur les travaux des dernières années de Robin. Les éditeurs du *Dictionnaire de Nysten*, quand la 13[me] édition fut épuisée, crurent le moment venu de modifier complètement l'esprit d'un livre, dont la philosophie positive avait cependant fait le succès (1). Robin ressentit un véritable chagrin à la vue des altérations impudentes introduites dans le texte d'un ouvrage qui avait triomphé des luttes passées, qui avait son histoire, était presque un drapeau, d'un ouvrage depuis longtemps entre les mains de tous ceux qui s'occupaient de science, de littérature et de philosophie. Et puis, ces mutilations n'étaient-elles pas la plus grave injure à la mémoire de son illustre collaborateur (2)? Résolument Robin se remet à l'œuvre : il entreprend la publication du *Nouveau dictionnaire abrégé de médecine* (chez Doin), où se retrouvera l'esprit scientifique et purement philosophique de l'ancien Nysten. Cet énorme labeur qu'il accomplit seul — car ce fut encore un trait de Robin de ne se faire jamais aider — dura trois ans. Il eut le temps de l'achever. A sa mort, les dernières feuilles étaient à l'impression et M. de Lanessan les a revues. C'est donc en quelque sorte le testament scientifique de Robin, et c'est là qu'on doit chercher la dernière expression de sa pensée.

Autour de Robin s'était formé tout un groupe d'amis, d'anciens disciples, les uns obscurs, les autres ayant un nom dans les sciences

(1) Voyez ci-dessus, p XL.
(2) Voy. *Discours prononcé aux obsèques de Ch. Robin*, par M. Goujon.

ou la philosophie. Nous avons déjà cité MM. Brown-Séquard, Sappey et Laboulbène. Signalons encore, parmi ses amis dévoués, le Dr Reliquet, M. Wirouboff. Le plus illustre de tous, M. Berthelot, lui fut toujours uni d'une affection profonde : « Robin a été un inventeur », disait-il un jour très justement de celui qui avait le premier édifié le système complet de l'Anatomie.

Robin a été malheureux dans ses élèves, il en vit disparaître trois, enlevés subitement, sur lesquels on pouvait fonder de grandes espérances ! Le premier fut Godard. Godard était riche, riche aussi des plus récentes conquêtes de l'anatomie et de la physiologie, qui le passionnaient; il décide d'aller étudier l'Orient à ce point de vue, il part pour l'Égypte. Les fièvres, la lèpre, le typhus développé dans les chantiers du canal de Suez, occupent son attention; il est atteint d'ulcérations, d'accidents nerveux et d'une hépatite qui finit par l'enlever à Jaffa; il meurt en stoïcien sans qu'un seul instant son calme se soit démenti. Dans la préface d'un volume de notes et de souvenirs laissés par son élève (1), Robin écrit : « Ce ne peut être un homme vulgaire, celui qui, par ses connais- « sances spéciales, bien mieux encore que par ses souffrances fixé « sur le sort fatal qui lui est réservé dans un avenir qui doit « échoir le lendemain, a pu à 36 ans, riche et bien aimé, écrire « sans récriminer : *Ce soir ou demain je serai mort, je vous nomme « mon exécuteur testamentaire; vous voudrez bien accepter ?* Philo- « sophe toute sa vie, Godard mourut sans cesser de l'être, libre de « fictions métaphysiques, paraissant plutôt abdiquer la vie que « mourir et tout au souvenir de ses proches et de ses amis, dont « son dévouement à la science l'avait éloigné. Il est un témoignage « à jamais mémorable que les qualités du cœur, comme celles de « l'esprit sont originellement indépendantes des causes convention- « nelles qui leur sont spéculativement assignées; que les senti- « ments affectifs ont leur source dans notre propre nature et qu'ils « y acquièrent par l'éducation toute leur pureté ou du moins toute « leur efficacité morale et sociale. »

La mort de Legros fut une perte plus irréparable encore. Ce n'était pas non plus un homme ordinaire. Pendant le choléra de 1864, à la suite d'une visite que fit l'Empereur à l'Hôtel-Dieu déserté de tous ses fonctionnaires et où il n'avait trouvé que Legros, il lui avait envoyé le lendemain matin, à l'heure du service, la croix de chevalier de la Légion d'honneur. Legros avait déjà publié d'importants travaux quand il succomba, probablement à une septicé-

(1) *Égypte et Palestine*, par E. Godard; 1 vol. avec atlas. Paris, Masson, 1867.

mie contractée dans le premier laboratoire qu'avait eu Robin à l'École pratique, comme professeur d'Histologie. C'était un étrange réduit que ce laboratoire : deux petites pièces superposées communiquant par un escalier, une véritable échelle; en bas, des cadavres, des macérations, un fourneau pour la chimie biologique et les injections; en haut, la place juste suffisante pour quatre ou cinq élèves et pour leurs microscopes. C'est là qu'ont travaillé Legros, Rabuteau, MM. Magitot, Goujon, tous ceux qu'enflammait le zèle communicatif du maître, et aussi le pauvre Papillon enlevé trop tôt pour les sciences. Ses brillantes qualités d'analyse, son érudition philosophique rehaussées de son savoir en biologie, avaient fait de Papillon, alors qu'il était presqu'encore sur les bancs de l'École de médecine, une espèce d'oracle écouté à l'Académie des sciences morales et politiques : le premier fauteuil vacant, disait-on, serait pour lui.

Robin a peu voyagé. Toutefois, en 1875, il s'était fait charger d'une mission scientifique en Espagne et en Algérie; il en profita pour contrôler, spécialement en ce qui concerne la Néphélis, les faits exposés dans son *Mémoire sur le développement embryogénique des Hirudinées* qui paraissait cette année même. Il avait également fait, en compagnie du Dr Lebel et avec M. Magitot, quelques voyages en Scandinavie, en Écosse, en Italie et jusqu'à Constantinople, mais c'étaient plutôt des courses de vacances, dont il parlait peu. Quand il fut devenu directeur du Laboratoire de Concarneau, il alla chaque année en Bretagne vers le temps de Pâques. Il partait là comme pour Jasseron avec sa valise d'étudiant et son microscope. Il passait au laboratoire sa journée entière à moins qu'il fût à chercher des bêtes. Une blouse de prosecteur, un chapeau de paille, qui avait affronté maintes intempéries, et le voilà en route, un bocal à la main pour se procurer l'espèce qu'il étudiait particulièrement. Il aimait être seul pour observer les choses à son aise, relever les goëmons, retourner tranquillement les pierres. Un jour, il revenait dans ce costume bizarre, quand le préfet du département demanda à être présenté à l'éminent sénateur, dont l'aspect inattendu parut à la fois beaucoup surprendre et un peu gêner le haut fonctionnaire.

Robin avait en horreur les démarches près de l'autorité, les courses dans les ministères, où il ne savait pas même se servir de sa prérogative de sénateur. Il regardait ces dérangements, dont personne dans les hautes situations de l'enseignement ne saurait tout à fait s'affranchir, comme des pertes de temps, et c'est à peine si celui de ses élèves qu'il écoutait le plus volontiers, qu'il consultait pour toute affaire administrative, parvint quelquefois à le convaincre

qu'une démarche de lui pouvait être indispensable et qu'il fallait la faire. Robin, a-t-on dit, n'était que d'un faible appui pour ceux dont il estimait les travaux. Ceci n'est pas tout à fait exact. Il était, on doit le reconnaître, homme d'initiative aussi peu que possible, mais seulement par horreur du dérangement. Que l'occasion vînt à s'offrir d'elle-même de servir ses amis ou ses élèves, de dire sur eux la bonne opinion qu'il avait, de faire hautement valoir leurs travaux, les mérites qu'il leur connaissait, aussitôt sa décision d'esprit éclatait, il était précis, catégorique et forçait le suffrage de ses interlocuteurs.

Même décision dans sa correspondance avec l'administration de l'enseignement public, quand il s'agissait de revendiquer les droits imprescriptibles de la science. Il ne transigeait pas, il savait parler haut et ferme. A ce compte, l'organisation ou plutôt la création des deux laboratoires que nous dirigions ensemble à l'École des Hautes-Études et à Concarneau lui fait le plus grand honneur et mérite d'être rapportée. Pour ce double but, nous avions uni nos efforts. Et peut-être me sera-t-il permis de dire que j'ai été surtout le conseil. Robin, grâce à sa triple situation de professeur à l'École de médecine, d'académicien et de sénateur, fut la puissance qui décida le succès.

Quand M. Duruy rendit à l'enseignement le signalé service d'organiser la section des sciences de l'École des Hautes-Études, Robin fut chargé d'un de ces laboratoires en l'air et qui n'existèrent d'abord que sur le papier, avec la dénomination de *Laboratoire d'histologie zoologique*. A défaut de siège officiel, les travaux avaient lieu le soir dans un local effectif que M. H. Milne Edwards s'était fait attribuer au Jardin des Plantes pour y organiser, de son côté, un laboboratoire rattaché aussi à l'École des Hautes-Études, mais dépendant en réalité de la Sorbonne, avec le titre de *Laboratoire de zoologie anatomique*. Les choses allèrent ainsi pendant un semestre. Robin se rendait aux heures indiquées, en compagnie de son assistant, le Dr Goujon, au Jardin des Plantes pour diriger les élèves. C'est même à cette époque et grâce aux animaux fournis par la ménagerie du Muséum pour les exercices du laboratoire, que le Dr Goujon fit ses recherches demeurées classiques sur les corpuscules tactiles du bec des Perroquets. L'année suivante, quelques légères difficultés survinrent; cela était à peu près inévitable. Je dirigeais à cette époque, rue du Jardinet, un laboratoire particulier d'histologie, fondé quelques années auparavant par MM. Nachet et Grandry; je proposai à mon maître d'y transporter l'enseignement pratique qu'il faisait au Muséum. Et quand l'École des Hautes-Études reçut plus tard un sem-

blant d'organisation définitive, le *Laboratoire d'histologie zoologique*, installé dans ce nouveau local, eut pour directeurs MM. Ch. Robin et G. Pouchet : il était, d'ailleurs, fort misérable, occupant deux étages d'une maison particulière, mais à deux pas de l'École de médecine. Les élèves y furent bientôt nombreux et le « laboratoire de la rue du Jardinet », comme on l'appelait, a presque gardé un nom. En 1879, je devenais professeur au Muséum. Avec l'agrément de M. J. Ferry, ministre, notre laboratoire y fut de nouveau transféré dans les locaux dépendant de la chaire d'Anatomie comparée, dont il complétait l'enseignement — l'histologie à côté de l'anatomie macroscopique — sans empiéter sur le domaine d'aucun de mes collègues. Il faut dire toutefois que si le principal directeur était venu très rarement rue du Jardinet, il ne vint jamais au Muséum, peut-être par un sentiment de convenance à coup sûr exagéré. Ses fonctions de directeur — d'ailleurs nullement rétribuées — se réduisaient à donner des signatures.

L'organisation du laboratoire de Concarneau fut autrement laborieuse. Robin avait fait là, comme nous l'avons dit, ses constatations définitives sur l'appareil électrique des Raies. J'y avais poursuivi de mon côté des recherches deux fois couronnées par l'Académie des sciences sur le squelette des Poissons et sur la fonction chromatique. Le laboratoire de Concarneau, fondé par Coste en 1859, était le premier établissement qu'un état eût créé pour l'étude de la zoologie marine et de ses applications. Mais les précautions nécessaires n'avaient pas été prises au début pour assurer dans l'avenir tous les droits du gouvernement. Des contrats mal rédigés par l'admininistration impériale faillirent, à la mort de Coste, mettre en question l'existence de l'établissement où de si importants travaux scientifiques avaient été accomplis, non seulement par Robin, mais par MM. Gerbe, Van Beneden, sans parler du célèbre professeur du Collège de France. Celui-ci avait été secondé au cours de ses recherches par un pêcheur habile, pilote de Concarneau, mais sans aucune culture, et dont Coste finalement fit la fortune. Après la mort de son bienfaiteur, il se crut maître de la place, et sans façon s'appropria les bâtiments, les salles d'étude, les fourneaux de chimie, les viviers pour les faire servir à son commerce de turbots et de homards. Il avait réussi à éloigner par une série de mauvais procédés M. Ranvier. On avait sous mes yeux commencé le déménagement du matériel scientifique. J'appelai sur ce qui se passait, l'attention des professeurs de Paris. Milne Edwards, à qui j'en parlai le premier, renonça à une campagne de revendication dont il prévoyait les difficultés. M. de Lacaze-Duthiers, tout

occupé de sa création de Roscoff, ne voulut pas la tenter davantage. Il y fallait une indomptable volonté et une longue patience. Robin, dans le seul intérêt des sciences, par respect aussi pour la mémoire de Coste, entreprit de faire triompher les droits de l'Etat et de conserver au gouvernement un établissement déjà célèbre. Je le secondai. Mais les difficultés renaissaient sans cesse. Le pilote était partout secrètement appuyé par l'ancienne administration à Quimper, à Brest, à Paris dans les bureaux. La lutte dura près de six ans, et c'est seulement en 1879 que le laboratoire reçut son organisation définitive. Toute la correspondance échangée dans cette affaire par Robin avec l'administration de la Marine ou celle de l'Instruction publique est un modèle de fermeté et de dignité scientifique. Les droits de la haute science et du haut enseignement y sont fortement revendiqués. De ce côté et dès qu'il ne s'agissait point de démarches personnelles à faire, Robin retrouvait toute l'énergie du paysan franc-comtois.

Au fond, il ne fut jamais un homme d'action ni un homme d'enseignement public. Ce fut un travailleur prodigieux, un chercheur infatigable, un érudit, un savant dans toute la force du terme, servi par une méthode admirable, infaillible quand elle est bien appliquée. Continuateur de Bichat, auquel il se relie par De Blainville, Auguste Comte et M. Chevreul, Robin a consacré sa vie entière à l'anatomie générale. Le premier, il en a fondé à Paris l'enseignement régulier, sous le nom d'une de ses branches : l'Histologie. Mais on peut dire que jamais en lui le professeur, le maître n'ont donné la mesure de l'observateur et du savant. Ce qui frappe le plus chez Robin, c'est la largeur de vues avec laquelle il embrassait, dans l'étude de la substance organisée, tout ce que le scalpel, le microscope, la chimie peuvent fournir à l'histoire de l'être vivant, de sa formation, de sa composition anatomique, de ses déviations organiques, de ses fonctions et de ses lésions.

Il laisse une œuvre considérable : on en jugera par l'exposé bibliographique qui suit et que nous avons cherché à rendre aussi complet que possible. Assurément tous ses écrits n'ont pas la même valeur. On peut regretter qu'il ait donné trop de temps vers la fin de sa vie à de trop nombreux articles du *Dictionnaire encyclopédique*, mais il en est parmi ceux-ci qui méritent d'être toujours consultés. Son traité de Chimie en collaboration avec Verdeil, son traité du Microscope (la seconde partie), celui des Humeurs, son Anatomie cellulaire sont des œuvres capitales, et qui resteront comme l'expression la plus haute des progrès accomplis en

anatomie générale depuis Bichat. Un enseignement profond se dégage de ses écrits, malheureusement d'une lecture peu faite pour en favoriser la diffusion. On est en droit dès aujourd'hui de prévoir une époque où le champ des recherches morphologiques sur les êtres vivants aura été exploré tout entier, ou du moins ne laissera plus à décrire que l'infinie multitude des variétés secondaires. C'est alors qu'on se retournera du côté où M. Chevreul d'abord, puis Robin ont montré la voie; c'est alors qu'on abordera, malgré les immenses difficultés que laisse entrevoir l'état actuel des connaissances chimiques, l'étude de ce qu'il y a de fondamental dans l'être vivant, l'étude de l'état d'organisation, des activités réciproques des éléments et des parties de ces éléments les uns sur les autres, en fonction de leur constitution moléculaire.

C'est quand on comprendra bien l'importance d'une telle étude, quand on reprendra enfin par l'expérimentation ces notions de structure et de mouvements intimes, qui sont le fondement même de toute la biologie, c'est alors qu'on jugera de quelle supériorité fut Robin sur ses contemporains, en particulier sur ceux qui n'ont rien vu en Anatomie générale, au delà d'une technique plus ou moins savante, propre à mettre en lumière l'apparence morphologique et l'agencement des divers éléments anatomiques, sans se préoccuper des forces en jeu dans et entre chacun d'eux. Quant à lui, confiant dans la sûreté de sa philosophie, il savait que le temps tôt ou tard ferait justice des systèmes sans consistance de ses adversaires. Jamais, vis-à-vis de ceux qui contestaient le plus ses travaux ou qui insistaient sur ses erreurs — comment n'en aurait-il pas commis de nombreuses dans une œuvre si considérable? — avec une ignorance injustifiée de tout ce qu'il avait fait, jamais il n'entama de polémique directe. Il se bornait, sans les nommer, à relever çà et là dans ses publications nouvelles les fautes où ils étaient tombés par ignorance des principes.

Robin a donc des titres incontestables, et sa mémoire mérite d'être honorée par tous ceux qui se disent anatomistes. Si, comme cela se voit souvent, après avoir été un grand promoteur, il n'a pas su accepter volontiers certaines idées qui étaient évidemment un progrès sur les siennes, il faut excuser chez lui cette résistance; mais surtout elle ne doit pas faire oublier les grands services rendus par lui à l'avancement du savoir humain et ce culte profond, inaltérable qu'il professa toujours pour ce qu'il croyait être la vérité scientifique.

Les derniers mois de la vie de Robin furent attristés par quelques

ennuis. Arrivé au terme de son mandat sénatorial, il avait été réélu. Mais une loi passée au cours de la précédente législature laissait indécise la question de savoir s'il pouvait continuer à cumuler sa fonction élective avec sa chaire à l'École de médecine. A quelques observations publiées par le journal le *Temps*, Robin répondit qu'en cas d'incompatibilité reconnue, il opterait pour le mandat sénatorial (1). Sa lettre publiée par les journaux de Paris indisposa quelque peu le monde des Écoles qui prétendit, non sans raison à son point de vue, que le titre de professeur à la Faculté de médecine devait primer tous les autres. Cependant le choix auquel s'arrêtait Robin était assurément le meilleur. Il s'en expliqua : « On va re-
« nouveler mon mandat pour neuf ans, nous disait-il, c'est à peu
« près le nombre d'années que je compte vivre. Nous mourons
« tous vers 70 ans dans ma famille. C'est juste le temps qu'il me faut
« pour terminer ce que je veux encore publier. Comme sénateur
« j'aurai beaucoup plus d'influence pour le bien des sciences, que je
« n'en aurais comme simple professeur. Je ne dois pas hésiter. »
Robin bénéficia de l'obscurité de la loi, il conserva sa chaire avec son siège au Luxembourg. Mais la question posée et longtemps agitée, la malencontreuse lettre soulevèrent dans son amphithéâtre de nouvelles tempêtes, comme celles qui avaient accueilli ses débuts. Il eut également quelques ennuis comme juge d'un concours d'agrégation dont il s'était subitement retiré. Il fut très profondément affecté par les manifestations des étudiants, affecté à un point presque maladif, et il resta, nous a-t-on dit, plusieurs jours chez lui avant de reprendre le train ordinaire de sa vie.

Il avait aussi beaucoup changé, s'était alourdi. Il était d'ailleurs atteint. Un jour il avait ressenti un fort étourdissement, suivi d'un saignement de nez, on craignit une congestion. C'est dans cet état qu'il avait pris, comme tous les ans aux vacances, le chemin de Jasseron, pour se reposer, chasser, ou plutôt — car l'observateur ne perdait jamais ses droits — « voir chasser son chien », comme il disait. Il est mort le 6 octobre, chez lui. Le 3 il devait partir pour Paris, afin de prendre part aux élections du 4 octobre. Il fut frappé en se levant d'une attaque d'apoplexie. On le trouva au pied de son lit à moitié habillé. Il ne put prononcer que ces mots : « Curieux..., apoplexie. » Il ne parla plus à partir de ce moment, du moins rien d'intelligible. Robin se savait le cœur malade. Sans donner trop d'importance aux paroles ainsi échappées de la bouche d'un mou-

(1) Voy. *Courrier de l'Ain*, nos des 16, 18 et 30 décembre 1884. Ce dernier numéro contient la profession de foi de Robin.

rant, on peut se demander si ce cerveau qui s'éteignait, n'a pas concentré ce qui lui restait d'activité sur un phénomène inattendu et se produisant contre les prévisions du biologiste expérimenté. S'il en fut ainsi, on peut dire que la dernière pensée de Robin fut le digne couronnement de sa carrière.

Sa famille était demeurée très religieuse. Le philosophe, quand il venait se reposer au milieu d'elle, évitait toute discussion et vivait en bonne harmonie avec tous (1). Il arriva même plus d'une fois qu'on l'appela pour donner des conseils médicaux aux religieuses d'un couvent voisin. Sur un seul point il ne céda jamais : jamais il ne consentit aux jeûnes et aux observances de régime. Nul, parmi les siens, n'ignorait ses opinions, ses volontés certaines. En vain le Dr Reliquet, accouru à Jasseron avec nous tous, pour rendre les derniers devoirs à celui qui avait été son ami et son maître, produisit une lettre que Robin lui avait écrite à propos des obsèques de Littré et qui ne permettait aucun doute (2). Nous étions bien convaincus que Robin laissait des volontés formelles, seulement elles devaient être à Paris, où personne n'avait été prévenu de sa maladie, où les scellés avaient été mis aussitôt après sa mort. La famille, s'appuyant sur ce qu'on n'avait trouvé (à Jasseron) aucune disposition écrite, lui fit des obsèques religieuses. Ses amis politiques et ses disciples décidèrent de suivre le corps, mais de ne pas pénétrer dans l'église, et de l'attendre à la porte. Ils restèrent là nombreux, beaucoup plus nombreux peut-être qu'on eût pu s'y attendre.

Il a été inhumé au milieu du cimetière de Jasseron, au pied d'un grand pin, dont il fallut couper une maîtresse racine pour creuser la fosse (3).

Le Dr Goujon, le compatriote, l'élève, l'ami, le collègue de Robin au Sénat, prononça au bord de la fosse un discours qui reflétait

(1) M. Pichard a dit très justement sur sa tombe : « Sachant les connexités qui re- « lient l'état moral de l'individu avec son développement intellectuel, le caractère « relatif de la moralité, il put pratiquer aisement cette tolérance large que vous lui « avez connue, tolérance qui lui faisait regarder les faiblesses humaines avec cette « espèce d'indulgence qu'on ressent vis-à-vis des extravagances et des caprices des « déments et des enfants. »

(2) Voici cette lettre : « Paris, 3 juin 1881. — Pas de dispositions testamentaires « pour les obsèques; d'où escamotage du cadavre par la famille qui a tenu à l'écart les « amis scientifiques et philosophiques. Le testament demande qu'il n'y ait pas de dis- « cours. Littré n'a jamais rien dit, ni écrit, contredisant ce qu'il publiait il n'y a pas « longtemps, savoir : Que la philosophie positive avait sans violence reconduit Dieu « hors du domaine de la science, en le remerciant de services provisoires, désormais « devenus inutiles. — Mille amitiés. ROBIN. »

(3) Ce bel arbre, nous dit-on, est mort et aurait été abattu.

la pensée vraie des assistants. Il avait mieux connu que personne celui que nous regrettions tous et trouva dans son affliction des accents vraiment émus (1).

L'ouverture du testament eut lieu peu de jours après, à Paris. Nous espérions y trouver quelque disposition concernant les manuscrits de Robin, ses notes, sa bibliothèque et même une intéressante collection d'insectes qu'il avait faite autrefois. Nous eûmes le regret de constater qu'il n'avait pas laissé un seul mot de souvenir aux établissements, aux compagnies dont il avait été l'honneur, ou quelque fondation pour l'avancement de la science qui avait été sa passion et sa vie. Le testament fait depuis plusieurs années, ne traitait que des intérêts de famille, sauf ce paragraphe où se révèle à la fois le philosophe convaincu et l'anatomiste :

« J'exige absolument de mes héritiers que mon enterrement soit « un enterrement civil quel que soit le lieu où je meurre ; si je « meurs à Paris, mon autopsie devra être faite le plus tôt possible « après ma mort par un des prosecteurs ou aides de l'École dési- « gné par le doyen ; mon cerveau et mes yeux seront emportés « pour être étudiés comparativement, le droit avec le gauche crevé « en 1835 par un bâton, pour que les origines et circonvolutions « optiques soient convenablement étudiées comparativement. »

Robin est là tout entier.

On a parlé d'un monument à élever à sa mémoire. Nous ne doutons pas qu'il l'ait un jour. Si notre avis pouvait ici prévaloir, nous aimerions, au lieu des banalités du buste, un médaillon, quelqu'emblème attestant le souvenir et la nature des travaux bien plus que les traits du visage. Nous voudrions ce témoignage sur les murs d'une des cours ou des salles de l'Ecole pratique. N'est-ce pas la véritable place pour honorer un professeur, un savant dont on peut dire qu'il fut la personnification même de l'Anatomie, dans ce qu'elle a de plus profond et d'universel ?

(1) Ce discours a été publié en entier dans le journal *Le Temps*.

Paris, 15 *décembre* 1886.

GEORGES POUCHET.

APPENDICE

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE DES PUBLICATIONS DE CH. ROBIN.

Ch. Robin a publié quatre fois l'exposé de ses travaux.

1° **Notice sur les travaux scientifiques de M. le Dr Ch. Robin, in-8°, Paris, 4 déc. 1848.**

2° **Notice sur les travaux d'histoire naturelle, d'anatomie et de pathologie de M. Ch. Robin, in-4°, Paris, nov. 1852.**

3° **Notice sur les travaux d'anatomie et de zoologie, de M. Ch. Robin, in-4°, Paris, 1860. — Cette notice, sauf trois pages d'introduction, est tout entière reproduite dans le *Journal de la physiologie*, 1861, p. 593.**

4° **Notice sur les travaux d'anatomie et de zoologie de M. Ch. Robin, in-4°, Paris, 1865.**

Nous disposons les publications de Robin dans l'ordre chronologique.

1844

Rapport sur une observation de rupture du cœur, recueillie par M. Marquis. — *Bulletin de la Soc. anat.*, août 1844, p. 175.

Femme âgée de 76 ans, atteinte de pneumonie; chute sur la tête. Douleurs vives du cou. Mort causée par la pneumonie. Fracture double de l'axis. — *Bull. Soc. anat.* Sept. et oct. 1844; et dans Thèse pour le Doctorat en Méd., par Ch.-P. Robin, le 31 août 1846. Paris, in-4°, 59 pages.

1845

Note sur un appareil particulier de vaisseaux lymphatiques chez les Poissons. — Journal l'*Institut*, n° 590, 16 avril 1845, vol. XIII, p. 144. *Revue Zoologique*, n° 6, juin 1845, t. VIII, p. 224. *Proc.-verb. de la Société philomatique*, 5 avril, 1845.

Observations sur la génération et le développement de quelques animaux marins, par MM. Lebert et Robin. — Soc. Philomatique, 10 mai 1845. Analyse, Journal l'*Institut*, 21 mai 1845.

Note sur un fait relatif au mécanisme de la fécondation du Calmar commun (en commun avec M. Lebert). — Journal l'*Institut*, n° 595, 21 mai 1845, et n° 600 du 25 juin 1845, vol. XIII, p. 183 et 233. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 10 et 31 mai, 1845. *Rev. Zool.*, 6 juin 1845, vol. VIII, p. 233. *Archiv für Anat. und Physiol.* von J. Müller, n° 2, p. 135, 1846, dans *Kurze Notiz über allg. vergl. Anat. niederer Thiere* (voy. ci-dessous, 1846). En entier dans *Annales des Sc. nat.*, 3e série, Zool., t. IV, 1845, p. 95, avec pl. grav.

Note sur la disposition anatomique des organes de la génération chez les mollusques

du genre Patelle (en commun avec M. Lebert). — *Comptes rendus* des séances de l'Ac. des Sciences, déc. 1845, t. XXI, p. 2. En entier dans *Annales des Sciences nat.*, mars 1846, 3e série, t. V, p. 191.

Deuxième note sur l'appareil particulier des vaisseaux lymphatiques des poissons, connu sous le nom de « système du vaisseau latéral ». —Journal l'*Institut*, n° 600, 25 juin 1845, vol. XIII, p. 232. *Revue Zool.*, n° 6, juin 1845, t. VIII, p. 228. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 1845, p. 64.

Note sur le système veineux des Poissons cartilagineux. — *Comptes rendus* des séances de l'Acad. des sciences, 8 déc. 1845, t. XXI, 2, p. 1282.

Note sur une espèce particulière de glande de la peau de l'homme. — *Comptes rendus* des séances de l'Ac. des Sciences, 8 déc. 1845, t. XXI, 2, p. 1282. Imprimé en entier dans les *Annales des Sciences naturelles*, 3e série, zoologie, 1845, t. IV, p. 380.

Note sur la dilatation veineuse qui se trouve dans la cavité ventrale des Raies. — Journal l'*Institut*, n° 623, 10 déc. 1845, t. XIII, p. 429. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 29 nov. 1845, p. 113.

Note relative aux systèmes sanguin et lymphatique des Raies et des Squales ayant pour objet de compléter une note sur le même sujet. — Journal l'*Institut*, n° 625, 24 déc. 1845, vol. XIII, p. 452. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 6 déc. 1845, p. 116.

Note sur les cœurs lymphatiques de la grenouille commune (Rana esculenta) (en commum avec M. J. Reynauld). — Journal l'*Institut*, n° 626, 31 déc. 1845, vol. XIII, p. 463. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 27 déc. 1845, p. 128.

1846

Note sur quelques particularités du système veineux des Raies (Raia, Cuv.). — *Rev. Zool.*, 1er janv. 1846, t. IX, p. 5.

Anatomie d'un corps d'apparence glandulaire, découvert sur l'Ombre (Sciæna umbra, Cuv.). — *Procès-verbaux Soc. philom.*, 30 nov. 1846, p. 140. Journal l'*Institut*, n° 683 du 3 fév. 1847, vol. XV, p. 41.

Sur les lymphatiques abdominaux des Grenouilles. — Journal l'*Institut*, n° 632, 11 fév. 1846, vol. XIV, p. 54. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 31 janv. 1846, p. 8.

Structure de la glande vulvo-vaginale, chez la femme et les animaux. (Dans *Mémoire sur la glande vulvo-vaginale, les divers appareils sécréteurs des organes génitaux externes de la femme, sur leurs fonctions et leurs maladies*, par M. le Dr Huguier.) *Bulletin de l'Académie de médecine*, 31 mars 1846, t. XI, p. 564, et *Annales des sciences nat.*, 1850, t. XIII, p. 239, pl. 9.

Note sur quelques particularités du système veineux de la Lamproie (Petromyzon marinus, L.). — Journal l'*Institut*, n° 640, 8 avril 1846, vol. XIV, p. 121. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 28 mars 1846, p. 35-44.

Observations sur les organes buccaux de quelques Gastéropodes (en commun avec M. Lebert, pour ce qui est relatif aux Patelles, Buccins et Turbots), dans le mém. de cet auteur intitulé : *Beobachtungen über die Mundorgane einiger Gasteropoden.* — *Archiv. für Anat. und Physiol.*, von. J. Müller, 1846. Heft. IV und V, s. 435, mit 3 kupfertafeln.

Recherches sur un appareil particulier qui se trouve sur les poissons du genre des Raies (Raia, Cuv.). — Journal l'*Institut*, n° 645, 13 mai 1846, t. XIV, p. 164. *Proc. verb. Soc. philom.*, 25 avril 1846, p. 65. *Comptes rendus* des séances de l'Acad. des Sciences, 18 mai 1846, t. XXII, p. 821. *Annales des sciences nat.*, avr. et mai 1847, 3e série vol. VII, p. 199, avec 2 planches.

Sur les lymphatiques des Reptiles. — Journal l'*Institut*, n° 649, 10 juin 1846, vol. XIV p. 200. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 30 mai 1846, p. 75.

Note sur l'organisation des Poissons cartilagineux (système veineux), faisant suite à

celles dont il a déjà été question. — Journal l'*Institut*, n° 658, 12 août 1846, t. XIV, p. 272. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 1er août 1846, p. 113.

Sur les tubes sensitifs des Sélaciens et sur leurs tubes sécréteurs de la mucosité. — Journal l'*Institut*, n° 658, 12 août 1846, vol. XIV, p. 272. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 1er août 1846, p. 115.

Anatomie chirurgicale de la région de l'aine. Thèse pour le doctorat en médecine. Soutenue le 31 août 1846, 64 p.

Anatomie pathologique et structure des glandes sébacées de la région vulvaire. — Dans *Mémoire sur les maladies des follicules sébacés et pilifères de la vulve*, par le Dr Huguier. *Bulletin Ac. de méd.*, sept. 1846, t. XI.

Mémoire sur les éléments caractéristiques du tissu fibro-plastique et sur la présence de ce tissu dans une nouvelle espèce de tumeur (en commun avec M. Marchal (de Calvi). — *Comptes rendus* de l'Acad. des Sciences, 2 nov. 1846, t. XXIII, p. 857. A part, 2 pages.

Mémoire zoologique et anatomique sur les Cysticerques de l'homme et de l'ours. — Lu à la Soc. philom. en séance du 28 nov. 1846. Publié par A. Richard, dans *Éléments d'hist. nat. méd.*, 1849, 4e éd., t. I, Zool., p. 50 et suiv.

Courte notice sur l'anatomie générale comparative des animaux inférieurs (*Kurze Notiz über allgemeine vergleichende Anatomie niederer Thiere*). — *Archiv für Anat. und Physiol.* von J. Müller, 1846, heft II, s. 120. (Voy. ci-dessus 1845.)

1847

Mémoire sur une nouvelle espèce de glande vasculaire chez les Plagiostomes et sur la structure de leur glande thyréoïde. — Journal l'*Institut*, n° 684, 10 fév. 1847, vol. XV, p. 47. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 30 janv. 1847, p. 10.

Cinq planches coloriées représentant la disposition extérieure et la structure intime de ces organes n'ont pu être publiées et nous ne les avons pas retrouvées dans les papiers qui nous ont été remis après la mort de l'auteur. Quelques figures sont reproduites dans la thèse de M. C. Le Gendre : De la Thyréoïde. Paris, 1852, pl. 2 et 3.

Premier mémoire sur la structure des ganglions nerveux des Vertébrés. — Journal l'*Institut*, n° 687, 3 mars 1847, vol. XV, p. 74. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 13 fév. 1847, p. 23.

Analyse microscopique du contenu des kystes du col de l'utérus et du vagin. — Dans *Mémoire sur les kystes de la matrice et sur les kystes folliculaires du vagin*, par P.-C. Huguier. Extrait des *Mémoires de la Société de chirurgie*, 5 mai 1847.

Mémoire pour faire suite au travail sur la structure des ganglions nerveux des Raies. — Journal l'*Institut*, n° 699, 26 mai 1847, vol. XV, p. 171. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 22 mai 1847, p. 68.

Recherches sur les deux ordres de tubes nerveux élémentaires et les deux ordres de globules ganglionnaires qui leur correspondent. — *Comptes rendus* des séances de l'Ac. des Sciences, 21 juin 1847, t. XXIV, p. 1079.

Recherches sur un appareil qui se trouve sur les poissons du genre des raies (raia, Cuv.) et qui présente les caractères anatomiques des appareils électriques. Thèse pour le doctorat ès-sciences, avec add. d'une table des matières et de 4 p. de propositions, soutenue le 19 juillet 1847.

Des végétaux qui croissent sur l'homme et sur les animaux vivants. 1 vol. grand in-8, Paris, J.-B. Baillière, 1847. 3 pl. gravées. Thèse de botanique pour le doctorat ès-sciences, soutenue le 19 juillet 1847.

Des fermentations. Thèse de concours pour l'agrégation en hist. nat. méd. présentée et sout. à l'École de méd. de Paris, 1847, in-4°, 41 pages.

1848

Mémoire relatif à la structure des ganglions du système nerveux périphérique. — Journal l'*Institut*, n° 733, du 19 janv. 1848, vol. XVI p. 28. *Proc.-verb. Soc. philom.*, 15 janv. 1848. Reproduit avec de nouveaux développements dans le traité d'*Anatomie descriptive* de M. le docteur Sappey, 1852, in-18, t. II, p. 35 et suiv., et dans Müller, *Manuel de Physiologie*, trad. franç., nouv. édit., par E. Littré. Paris, 1851, t. I, p. 563.

Mémoire pour servir à l'histoire anatomique et pathologique de la membrane muqueuse utérine, de son mucus et des œufs, ou mieux glandes de Naboth. Lu à la Soc. philom., le 18 mars 1848. *Archives générales de médecine*, 4ᵉ série, 1848, t. XVII, p. 257.

Note sur les phénomènes de contact de l'huile et de l'albumine. — Lue à la Soc. philom., 12 fév. 1848, et à la Soc. de Biol., juillet 1848.

Mémoire sur le développement des spermatozoïdes, des cellules et des éléments anatomiques des tissus végétaux et animaux. — *Proc.-verb. Soc. philom.*, 10 juin 1848. Journal l'*Institut*, n° 759, 19 juillet 1848, vol. XVI, p. 214.

Note sur la structure de la glande mammaire, chez l'enfant nouveau-né et chez l'adulte pendant et hors la période de l'allaitement. — Lue à la Soc. de biol., juillet 1848.

Mémoire sur la structure de la peau des Céphalopodes. — Lu à la Soc. de biol. dans sa séance du 23 sept. 1848.

Note sur un cas de soudure entre les fleurs, ou de synanthie, dans le *Symphytum officinale*. — Communication à la Société de biologie. *Procès-verb.* du 12 août 1848.

Mémoire sur l'existence d'un œuf ou ovule, chez les mâles comme chez les femelles des végétaux et des animaux, produisant, l'un les spermatozoïdes ou les grains de pollen, l'autre les cellules primitives de l'embryon. — *Comptes rendus* des séances de l'Ac. des Sc., 23 oct. 1848, t. XXVII, p. 421. Journal l'*Institut*, n° 775, 8 nov. 1848, vol. XVI, p. 343. Publié en entier dans la *Revue zoologique*, 1848. vol. XI, p. 287 et 319.

Note sur les vertèbres crâniennes. — Lue à la Soc. de biol. *Procès-verb.* du 7 octobre 1848.

Mémoire sur la Rayère hispide (Rayera hispida, Ch. R.). — Lu à la Soc. de biol. *Procès-verb.* du 4 nov. 1848.

Mémoire sur la vascularité du cancer (en collab. avec M. Lebert). — Lu à la Soc. de biol., 4 et 25 nov. 1848. Analysé dans Lebert, *Traité des maladies cancéreuses*, 1851, p. 31 et suiv.

Mémoire sur les genres Retzia, Ch. R. et Mülleria, Ch. R. (avec 3 pl. coloriées). — Lu à la Soc. de biol. *Procès-verb*, du 2 déc. 1848.

Mémoire sur une nouvelle espèce d'Annélide, du genre Ipis (Fabricius), qui est très abondante dans les calcaires de Dieppe et s'y creuse un logement en forme de double tube (avec 2 pl. coloriées). — Lu à la Soc. de biol. *Procès-verb.* du 2 déc.

Structure de la glande thyroïde chez l'homme, et comparaison de cette structure à celle de la thyroïde chez les Poissons cartilagineux, etc. (en commun avec M. Lebert.) — Dans volume supplém. au *Dictionnaire de médecine* de Hulfeland, 1848.

Rapport sur un cas de mort et de dissolution de l'embryon, par suite d'hémorhagie des membranes de l'œuf, observé par M. Boussi. — *Bulletin de la Soc. anat.*, 3ᵉ série, 1848, t. III, p. 81.

1849

Sur la structure du placenta et des môles hydatiformes de l'utérus. — Ces recherches sont consignées dans la Thèse d'un élève, F.-A. Cayla : *De l'hydropisie des villosi-*

ET DES MAMMIFÈRES (en commun avec Verdeil). Paris, 1852, 3 forts vol. in-4°, accomp. d'un atlas de 45 pl., dess. d'après nature par Ch. Robin et P. Lackerbauer, gravées et en partie coloriées.

Étude sur la structure du pancréas, comparée à celle des glandes salivaires — Publiée dans *Étude historique et critique sur les fonctions et les maladies du pancréas.* Thèse par D. Moyse, juin 1852, avec une pl., p. 57 et suiv.

Végétaux parasites sur un insecte du genre Brachinus — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., janv. 1852, p. 11.

Examen comparatif des taches de sang, de rouille, d'excréments de punaise, etc., sur les étoffes, et autres corps. — Dans Briand, Chaudé et Gaultier de Claubry. *Manuel de méd. lég. et de chimie leg.*, 5° éd. 1852, p. 786, avec 1 pl. coloriée, p. 794.

Note sur la structure d'une membrane de nouvelle formation oblitérant complètement la sous-clavière gauche chez un sujet atteint d'un anévrisme de la crosse et de l'aorte descendante (en collaboration avec M. Heffelsheim). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., avril 1852, p. 52.

Sur le développement embryonnaire des Hirudinées. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., oct. 1852, p. 157.

Du mode de pénétration des germes des végétaux observés sur les animaux vivants. — *Comptes rendus* de la Soc de biol., nov. 1852, p. 180.

Sur quelques hypertrophies glandulaires. — *Gazette des hôpitaux.* nov. 1852.

Caractères et classification des tumeurs glandulaires. — Dans *Des tumeurs glandulaires,* Thèse par Levé, 1852.

1853

Sur la constitution de la coque pendant le développement embryonnaire des Hirudinées. — *Comptes rendus* de la Soc. de Biol., janv. 1853, p. 4.

Observations de leucocythémie (en collaboration avec M. Charcot). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., avril 1853, p. 44.

Phtisie tuberculeuse; hémorrhagie méningée; dégénérescence particulière des glandes bronchiques (en collaboration avec M. Duplay). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., mai 1853, p. 70.

Collection purulente enkystée dans la dure mère (en collaboration avec M. Titon). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., mai 1853, p. 72.

Sur un enfant qui présentait à la naissance des kystes multiples du cou (en collaboration avec M. Lorain). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., mai 1853, p. 62.

Sur la structure des cotylédons de la muqueuse utérine des ruminants. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., sept. 1853, p. 131.

Note sur les corpuscules du tact. — *Archives générales de médecine,* 1853, t. II, p. 89.

Mémoire sur les anomalies de composition des organes sexuels en général et en particulier sur celles des fleurs du maïs (Zea maïs. L.). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., sept. 1853, p. 137.

Mémoire sur deux plantes nouvelles de la famille des Rosacées (*Rubus cachemiriensis*, Ch. R., et *Spiræa pulchella*, Ch. R.) — *Bulletin de l'Ac. de Méd.*, 1853, t. XVIII p. 1053.

Mémoire sur trois productions morbides, non décrites (en coll. avec M. Laboulbène). — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1853, p. 185, 1 pl.

ÉLÉMENTS DE PHYSIOLOGIE DE L'HOMME ET DES PRINCIPAUX VERTÉBRÉS par Béraud, revus par Robin. 1 vol. petit in-8°, Paris, Germer Baillière, 1853. — (Voy. 1856.)

Mémoire sur la nature botanique des différentes parties du seigle ergoté et sur leur développement. — *Bulletin de l'Ac. de méd.*, 1853, t. XVIII, p. 853.

HISTOIRE NATURELLE DES VÉGÉTAUX QUI CROISSENT SUR L'HOMME ET LES ANIMAUX VIVANTS. 2e éd., corrigée et augmentée, Paris, 1853, un fort vol. in 8, avec 15 pl.

gravées. Ouvrage couronné par l'Ac. des Sciences. — C'est une refonte considérablement augmentée de la Thèse de botanique (voy. ci-dessus, 1847).

Note sur quelques phénomènes de digestion se continuant après la mort et sur leur influence sur la réussite des injections. — *Comptes rendus* de la Soc. de biologie, sept. 1853, p. 134.

Note sur l'hypertrophie des éléments anatomiques et sur celle des tissus. — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1853, p. 67.

Sur les tumeurs colloïdes et épithéliales. — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1853, p. 61.

Rapport sur un nouveau microscope. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., octobre 1853, p. 142.

Note sur une tumeur d'aspect fibro-cartilagineux trouvée libre dans la cavité du péritoine; recherches sur la structure de ce produit et autres analogues (en collaboration avec M. O. Lecomte). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., novembre 1853, p 157.

1854

Sur la présence de la sarcine dans l'œil. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., juin 1854, p. 84.

Observation d'un cas de la maladie dite phtisie aiguë avec altération correspondante dans les reins, par Robin et Ch. Bernard. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., janvier 1859, p. 14.

Vomissements d'une matière présentant une coloration vert-pomme et contenant de nombreux cristaux de taurine, par MM. Charcot et Robin. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., 1854, p. 89.

Deux observations pour servir à l'histoire anatomique des hypertrophies du sein et des granulations grises du poumon, par MM. Lorain et Robin. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., mai 1854, p. 58.

Sur l'épithélioma pulmonaire du fœtus, par Lorain et Robin. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., décembre 1854, p. 159.

Sur une forme non décrite du cancer du sein, par Lorain et Robin. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., décembre 1854, p. 155.

Note sur un nouveau cas de tumeur hétéradénique, par Marcé et Robin. — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1854, p. 223.

Observation de sclérome cérébral, pas MM. Miltenberger et Robin. — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1854, p. 125.

Mémoire sur le périnèvre, espèce nouvelle d'élément anatomique qui concourt à la constitution du tissu nerveux périphérique. — *Comptes rendus* Ac. des Sc., 11 sept. 1854, t. XXXIX, p. 489.

Mémoire sur le périnèvre, espèce nouvelle d'élément anatomique. — *Mém.* de la Soc. de biol., 1854, p. 87. *Arch. générales de médecine*, 1854, t. IV, p. 323.

Recherches sur les modifications graduelles des villosités du chorion et du placenta. — *Mém.* de la Soc. de biol., 1854, p. 63. *Arch. gén. de médecine*, 1854, t. III, p. 705.

Mémoire sur la naissance et le développement des éléments musculaires de la vie animale et du cœur. — *Mém.* de la Soc. de biol., 18 nov. 1854, p. 201.

Note sur un nouveau cas de tumeur hétéradenique (en collaboration avec M. Marcé). — *Comptes rendus et mém.* de la Soc. de biol., 1854, p. 223.

Mémoire sur deux nouvelles observations de tumeurs hétéradeniques et sur la nature du tissu qui les compose (en collaboration avec M. Lorain). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., sept. 1854, p. 209.

1855

Notice sur l'action de la glycérine et de l'acide chromique sur les tissus. — *Gazette des Hôpitaux*, 1855, p. 590.

Mémoire sur la composition de l'hématoïdine. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 1er oct. 1855, t. XLI, p. 506. *Moniteur des Hôpitaux*, 8 oct. 1885.

Mémoire sur l'hématoïdine et sur sa production dans l'écomie animale (en collab. avec M. Mercié). — *Mém.* Soc. de biol., 1855, p. 115.

Mémoire sur la production accidentelle d'un tissu ayant la structure glandulaire, dans des parties du corps dépourvues de glandes. Mémoire couronné par l'Acad. des Sciences. — *Comptes rendus* de l'Acad. des Sc., 1855, t. XL, p. 1365. In extenso. dans *Mém.* Soc. de biologie, 7 avril 1855, p. 91.

Note sur l'épithélium du corps de l'utérus pendant la grossesse. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., sept. 1855, p. 113.

Note sur l'état strié des fibres élastiques. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., sept. 1855, p. 115.

Sur une altération du tissu propre de la mamelle. — *Comptes rendus* de l'Acad. des Sciences, 1855, t. XLI, p. 332; et dans Lebert, *Anat. pathologique*, 1857, in-fol. t. II, p. 82, pl. XLIX et L. — Voyez ci-dessous 1857.

Sur le Filaire de médine (*Filaria medinensis*, Gmelin). — *Comptes rendus* Soc. de biol., mars 1855, p. 35.

Mémoire sur le tissu hétéradénique. — *Comptes rendus* Acad. des Sciences, 25 juin 1855. *Gaz. hebd. de méd. et de chir.*, 1856, t. III, p. 35 et suiv.

Examen d'une tumeur épithéliale du sein. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., avril 1855, p. 41.

Sur l'induration rouge du cerveau. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., sept. 1855, p. 126.

Altération non décrite des glandules œsophagiennes caractérisée par leur hypertrophie épithéliale, suivie d'épithélioma ulcéré (en collaboration avec M. Bucquoy). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., janvier 1855, p. 3.

Description d'une tumeur de l'iris qui a nécessité l'ablation de la moitié antérieure de l'œil (en collaboration avec M. Desmarres). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., mars 1855, p. 31.

Sur une espèce peu connue de tumeur de la chambre antérieure de l'œil (en collaboration avec M. Desmarres). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., février 1855, p. 13.

Mémoire sur l'induration pulmonaire, nommée carnification congestive (en collaboration avec M. Isambert). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., janvier 1855, p. 3.

Sclérome du cerveau dans l'idiotie (en collaboration avec M. Isambert). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., janvier 1855, p. 9.

Tumeurs fibro-plastiques du poumon (en collaboration avec M. Poisson). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., décembre 1855, p. 149.

1856

Mémoire sur les cavités caractéristiques des os. — *Comptes rendus*, Soc. de biol., 1856, p. 181.

Note sur la nature des différentes parties de l'ergot de seigle. — *Comptes rendus et mém.* Soc. de biol., janv. 1856, p. 15.

Mémoire sur les objets qui peuvent être conservés en préparations microscopiques, transparentes et opaques. Paris, 1856, in-8, chez J.-B. Baillière.

ÉLÉMENTS DE PHYSIOLOGIE DE L'HOMME ET DES PRINCIPAUX VERTÉBRÉS, par P. Béraud, revus par Robin. 2 vol., 2e édition, Germer Baillière, 1856. Le second volume porte la date 1857. — (Voy. ci-dessus 1853.)

Note sur les hémorrhagies des vésicules ovariennes. — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1856, p. 139.

Recherches prouvant que les diverses tumeurs dites sarcocèles du testicule siègent dans l'épididyme. — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1856, p. 167.

Note sur un cas de leucocythémie (en collaboration avec M. Isambert). — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1856, p. 71.

1857

Un traité d'*Histologie normale et pathologique* annoncé dès 1845 l'est encore en 1857; il n'a pas été terminé, mais la plupart des chapitres en ont été publiés sous diverses formes. — Dans le même temps Robin collabora à l'*Anatomie pathologique* de Lebert.

Étude des ostéoplastes au moyen de l'action exercée par la glycérine sur les éléments anatomiques des os frais. — *Comptes rendus* de l'Acad. des Sciences, 1857, t. XLIV, p. 743.

Note sur les connexions anatomiques et physiologiques du placenta avec l'utérus. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., mars 1857, p. 34.

Note sur la disposition que présentent extérieurement et sous le microscope certains caillots de la cavité utérine. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., août 1857, p. 106.

Note sur l'état anatomo-pathologique des éléments du foie dans l'ictère grave. — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1857, p. 9.

Mémoire sur un mode particulier et non décrit de la production des kystes autour de certaines collections de pus et d'autres liquides dans les organes profonds. — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1857, p. 211.

Note sur la structure de la membrane des kystes sublinguaux appelés grenouilette. — *Mémoires* de la Soc. de biol., p. 207.

Quelques considérations sur l'ictère grave, par Hiffelsheim et Robin. — *Mémoires* de la Soc. de biol., p. 81.

Note sur la cataracte noire, par Sichel et Robin. — *Mémoires* de la Soc. de biol., p. 93.

1858

Mémoire sur la rétraction des vaisseaux ombilicaux et sur le système ligamenteux qui leur succède. — *Comptes rendus* Soc. de biol., juin 1858, p. 107, et *Bulletin de l'Acad. de méd.*, 1858, t. XXIII, p. III-8. *Mém. de la Soc. de méd.*, 1860, t. XXIV, p. 387, avec 5 pl.

Sur quelques points de l'anatomie et de la physiologie des globules rouges du sang. — *Journal de la Physiologie*, 1858, t. I, p. 283.

Note sur les causes de l'indépendance de la bronchite par rapport à la pneumonie. — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1858, p. 93.

Examen microscopique du pus concret renfermé dans la cavité d'un sac abdominal aérien sur une poule. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., 10 avril 1858, p. 88.

Description d'une tumeur épithéliale provenant du plexus choroïde dont elle conserve la structure fondamentale, par Robin et Blondel. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., mars 1858, p. 54.

Mémoire sur quelques points de la cicatrisation en général et sur celle des artères en particulier, par Robin et Ollier. — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1858, p. 19.

Mémoires sur quelques points de l'anatomie et de la physiologie de la muqueuse et de l'épithélium utérins. — *Journal de la Physiologie*, 1858, t. I, p. 46.

DICTIONNAIRE DE MÉDECINE, DE CHIRURGIE, DE PHARMACIE, DES SCIENCES ACCESSOIRES ET DE L'ART VÉTÉRINAIRE, de P.-H. Nysten. Onzième édit. entièrement refondue par E. Littré, de l'Institut, et Ch. Robin, prof. ag. d'Hist. nat. à la Fac. de méd. de Paris, 1858, in-8 de 1600 p. avec plus de 500 fig.

1859

Note sur un des caractères qui peuvent servir à distinguer l'hématosine de l'hématoïdine. — *Comptes rendus*. Soc. de biol., juin 1859, p. 89.

Sur une espèce particulière de concrétion du sac lacrymal. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., juillet 1859.

Recherches sur quelques particularités de la structure des capillaires de l'encéphale. — *Journal de la Physiologie*, 1859, t. II, p. 537, avec une planche gravée.

Sur quelques points de l'anatomie et de la physiologie des leucocytes ou globules blancs du sang. — *Journal de la Physiologie*, 1859, t. II, p. 41.

Note sur les caractères distinctifs des taches de sang produites sur un instrument couvert de rouille (en commun avec M. Lesueur). — *Annales d'hygiène*, 1859, t. XII, p. 150.

Sur une variété particulière de tumeur fibreuse provenant du follicule dentaire. — *Bulletin* de l'Acad. de médecine, 1859, p. 1205. — Nous trouvons dans les papiers de Ch. Robin la description incomplète d'une tumeur assez semblable à celle dont il est ici question, avec ce titre : Deuxième variété des tumeurs dérivant du tissu du bulbe dentaire.

Recherches sur l'ordre et le mode d'apparition des follicules dentaires dans la gouttière de chaque mâchoire (en commun avec M. le docteur Magitot). — *Mémoires* Soc. de biol., 1859, p. 245.

Recherches sur le *Sarcopte* de la gale humaine. — *Mém.* Soc. de biol., 1859, p. 21, avec 4 pl. gravées.

Note sur le développement des mâchoires chez l'homme et quelques mammifères avant l'apparition des follicules dentaires (en commun avec M. le docteur Magitot). — *Comptes rendus* Soc. de biol., nov. 1859, p. 212.

Recherches sur les gouttières dentaires et sur la constitution des mâchoires chez le fœtus (en commun avec M. le docteur Magitot). — *Comptes rendus* Soc. de biol., nov. 1859, p. 217.

Sur la composition anatomique de la bouche ou rostre des arachnides de la famille des Sarcoptides. — *Comptes rendus* Ac. des Sciences, 22 août 1859, t. XLIX, p. 294.

Mémoire sur une nouvelle espèce de *Sarcoptes*, parasite des Gallinacés (en commun avec M. Lanquetin). — *Comptes rendus* de l'Acad. des Sciences, 21 nov. 1859, t. XLIX, p. 793.

Note sur quelques particularités anatomiques de la muqueuse gingivale chez le fœtus et chez le nouveau-né (en commun avec M. le docteur Magitot). — *Comptes rendus* Soc. de biol., déc. 1859, p. 259.

Note sur le tissu sous-muqueux gingival du fœtus, ou contenu de la gouttière dentaire des os maxillaires (en commun avec M. le docteur Magitot). — *Comptes rendus et mém.* Soc. de biol., déc. 1859, p. 263.

1860

Mémoire sur la rétraction des vaisseaux ombilicaux chez les mammifères et sur le système ligamenteux qui leur succède. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 21 mai 1860, t. L.

Mémoire sur la structure intime de la vésicule ombilicale chez les mammifères. — *Comptes rendus* de l'Acad. des sciences, 22 oct. 1860, t. LI.

Mémoire sur la genèse et le développement des follicules dentaires jusqu'à l'époque de l'éruption des os (en commun avec M. le docteur Magitot). — *Journal de la Physiol.*, 1860, p. 1 et 663, et 1861, p. 60 et 145, avec 6 pl. gravées.

Mémoire sur la nécessité de la création d'une chaire d'anatomie générale appliquée au diagnostic, présenté à Son Excellence Monsieur le Ministre de l'instruction publique par M. le Dr Ch. Robin (autographié). 20 déc. 1860.

Note sur le développement de la vertèbre axis, dont l'apophyse odontoïde représente le corps de l'atlas. — Inséré dans la thèse d'un élève, *Recherches sur la nature des affections dites tuberculeuses des Vertèbres*, par G. Echeveria, 1860, p. 56.

Sur la constitution et le développement des gouttières dans lesquelles naissent les dents des mammifères. — *Comptes rendus* de l'Acad. des Sciences, 13 fév. 1860, t. L, p. 360.

Mémoire zoologique et anatomique sur diverses espèces d'Acariens de la famille des Sarcoptides. — Extrait des *Mém. de la Soc. imp. des naturalistes de Moscou*, avec 8 pl. Moscou, 1860, in-8, p. 1 à 110.

Note sur les ligaments qui succèdent à l'ouraque. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., juillet 1860, p. 85.

Note sur le caillot sanguin qui se produit au bout des artères ombilicales après la chute du cordon. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., mai 1860, p. 37.

Sur quelques particularités de la structure du cordon et des phénomènes dont il est le siège à la naissance. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., mai 1860, p. 40.

Note sur le développement des ligaments qui relient entre eux l'ombilic et ses vaisseaux. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., août 1860, p. 103.

Sur la cause de la dépression cutanée de l'ombilic. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., décembre 1860, p. 193.

Note sur le tissu propre du bulbe dentaire (en collaboration avec M. Magitot). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., novembre 1860, p. 161.

Note sur le cartilage de Meckel. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., janvier 1860, p. 2.

1861

Mémoire sur les spermatophores de quelques Hirudinées. — Lu à l'Acad. des Sciences le 20 juillet 1861, *Comptes rendus* de l'Acad. des Sciences, t. LIII, p. 280 et *Comptes rendus* Soc. de biol, juin 1861, p. 82. *Annales des Sciences nat.*, 1861, Zool., t. XVII, pl. II.

Mémoire sur les modifications de la muqueuse utérine pendant et après la grossesse. — *Mém. de l'Ac. imp. de méd.*, 1861, t. XXV, p. 81, avec 5 pl.

Note sur une particularité du développement des cellules épidermiques superficielles chez le fœtus. — *Journal de la Physiol.*, 1861, p. 228, 1 pl.

Mémoire sur la structure intime de la vésicule ombilicale et de l'allantoïde chez l'embryon humain. — *Journal de la Physiol.*, 1861, p. 306, 1 pl.

Mémoire sur l'anatomie et la physiologie de quelques Acariens de la famille des Sarcoptides. — *Mémoires* Soc. de biol., 1861, p. 231 à 258, avec 3 pl.

Rapport sur un mémoire de M. le docteur Sucquet, ayant pour titre : De la circulation du sang dans les membres et dans la tête chez l'homme. — *Bulletin de l'Acad. de méd.*, 1861, t. XXVI, p. 825.

Note sur la nature et le mode de production des globules polaires dans l'œuf. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., janvier 1861, p. 79.

Sur les changements de structure interne du vitellus après la fécondation et sur la production du noyau vitellin. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., juillet 1861, p. 103.

Sur les mouvements du vitellus qui précèdent ceux de l'embryon dans l'œuf. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., juillet 1861, p. 99.

Observations sur la production du cortical osseux autour de la racine des dents (en collaboration avec M. Magitot). — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., avril 1861, p. 51.

1862

Mémoire sur les phénomènes qui se passent dans l'ovule avant la segmentation du vitellus. — *Journal de la Physiol.*, 1862, p. 67 à 108.

Mémoire sur la production du blastoderme sans segmentation du vitellus chez les Articulés. — *Comptes rendus* Acad. des Sciences, 20 janvier 1802.

Mémoire sur la production du blastoderme chez les Articulés. — *Journal de la Physiol.*, 1862, p. 347 à 383, pl. VII.

Sur la production du noyau vitellin. — *Journal de la Physiol.*, 1862, p. 309.

Mémoire sur un organe transitoire de la vie fœtale, désigné sous le nom de Cartilage

de Meckel (en commun avec M. le docteur E. Magitot). — *Annales des Sciences nat.*, 1862, t. XVIII, p. 213, 1 pl.

Sur la substance organisée et l'état d'organisation. — *Journal de la Physiol.*, 1862, p. 501 à 527.

Description de l'*Acarus* (*Tyroglyphus*) *entomophagus* et observations anatomiques sur le genre *Tyroglyphus* (en commun avec M. Al. Laboulbène). — *Annales de la Soc. entomologique de France*, 1862, p. 317, avec 1 pl.

Mémoire sur les globules polaires de l'ovule. Lu à l'Ac. des sciences le 13 jan. 1862, *Comptes rendus*, t, XLIV, p. 162. — *Journal de la Physiol.*, 1862, p. 149 à 190, pl. III, IV et V.

Des rapports de l'anatomie générale avec les autres branches de l'anatomie. — *Gazette des hôpitaux*, n[os] des 2, 3, 4 et 9 déc. 1862. A part in-8.

Mémoire sur une espèce de tumeurs formées aux dépens des bulbes dentaires. — *Mémoires* de la Soc. de biol., 1862, p. 199.

1863

Recherches sur l'endosmose et sur quelques autres propriétés physiques et chimiques de la substance organisée. — *Journal de la Physiol.*, 1863, p. 81.

Note sur la manière de déterminer si une matière d'origine organique doit être considérée comme substance organisée. — *Journal de la Physiol.*, 1863, p. 5.

Note sur le lieu précis où se montre le premier point d'ossification des os longs. — *Comptes rendus* Soc. de biol., déc. 1863, p. 202.

Note sur le pied endémique de Madura. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., février 1863, p. 34.

Sur un cas de réplétion des glandes sudoripares axillaires par une matière colorante d'un noir violet. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., sept. 1863, p. 156.

Sur les états de virulence et de putridité de la substance organisée. — *Mémoires* de la Soc. de biol., p. 95.

Cas de genèse hétérotopique dentaire chez le cheval, par Robin et G. Félizet. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., octobre 1873, p. 167.

1864

PROGRAMME DU COURS D'HISTOLOGIE PROFESSÉ A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS. Paris, J.-B. Baillière, 1864, 1 vol. in-8. — Voy. ci-dessous, 2[e] édition, 1870.

Observations sur la constitution du tissu érectile. — *Mémoires* Soc. de biol., p. 77, lu le 27 août 1864. A part dans : Mémoires sur la constitution de divers tissus. In-8, Paris, 1865.

Remarques sur le tissu médullaire des os à l'état normal et à l'état morbide. — *Mémoires* Soc. de biol., lu le 13 août 1864. A part dans : Mémoires sur la constitution de divers tissus. In-8, Paris, 1865.

Note sur l'état de la graisse dans les muscles (en commun avec M. le professeur Reynal, d'Alfort). — *Comptes rendus et mém.* Soc. de biol., nov. 1864. A part dans : Mémoires sur la constitution de divers tissus. Paris, 1865.

Mémoire sur quelques points du développement et de l'anatomie du système adipeux. — *Mémoires* Soc. de biol., p. 27, lu le 23 janvier 1864. A part dans : Mémoires sur la constitution de divers tissus. Paris, 1865.

Sur la boule graisseuse de Bichat (en collab. avec M. Gimbert). — *Comptes rendus* Soc. de biol., 16 janvier 1864. A part dans : Mémoires sur la constitution de divers tissus. Paris, 1865.

Sur le rapport de la capacité de chaque oreillette avec celle du ventricule correspondant (en commun avec M. le docteur Hiffelsheim). — *Journal de l'Anat.*, 1864, p. 413.

Sur les conditions de l'ostéogénie avec ou sans cartilage préexistant. — *Journal de l'Anat.*, 1864, p. 514, avec 2 pl.

Mémoire sur les divers modes de la naissance de la substance organisée, en général, et des éléments anatomiques, en particulier. — *Journal de l'Anat.*, 1864, p. 26, 153, 337, et 1865, p. 113.

Note historique sur la capacité absolue et relative des cavités du cœur. — *Journal de l'Anat.*, 1864, p. 420.

JOURNAL DE L'ANATOMIE ET DE LA PHYSIOLOGIE DE L'HOMME ET DES ANIMAUX, publié par MM. Brown-Séquard et Ch. Robin; à partir de la fin de l'année par Ch. Robin; à partir de 1877 par Ch. Robin et G. Pouchet; à partir de 1886 par G. Pouchet. — Voy. ci-dessus p. LVIII.

Sur les éléments anatomiques appelés myéloplaxes. — *Journal de l'Anat.*, 1864, p. 88, avec 3 pl.

Mémoire sur le développement des vertèbres atlas et axis. — *Journal de l'Anat.*, 1864, p. 274, 4 pl.

Les théories et les mouvements du cœur devant les Académies des sciences et de médecine. Analyse. — *Journal de l'Anat.*, 1864, p. 436. — Dans la première année du *Journal de l'anatomie*, Robin signa une série d'analyses des travaux de MM. Périer (veines spermatiques), Aug. Comte (2e éd. du *Cours de philosophie positive*, avec préface de Littré), Lyell (l'*Ancienneté de l'homme*), Oré (fonctions de la veine porte), Willemin (l'absorption cutanée), Gallois (inosurie), Leroy de Méricourt (chromhydrose), Riban (principe toxique du redoul), etc.

1865

Mémoires sur la constitution de divers tissus. In-8, Paris, 1865. — Tirage à part de plusieurs mémoires pésentés à la Société de biologie en 1864 (voy. ci-dessus 1864).

Article ADIPEUX du *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, publié par Dechambre. — Robin a donné à ce Dictionnaire un grand nombre d'articles; nous les indiquons ici par ordre alphabétique : Adipeux (1865). — Biologie, Biotaxie, Blastèmes, Blastodermiques (cellules) (1868). — Cartilage de Meckel (1871). — Cellule (anatomie, physiologie et théorie), Cellulose (1873). — Cytoblaste, Cytoblastions (1880). — Développement, Élastiques (éléments, tissu et système), Électriques (organes et tissu) (1883). — Fécondation (1877). — Fibre. Fibreux (tissu), Fibro-cartilage et Fibro-cartilagineux (tissu et système) (1878). — Génération (physiologie) (1880). — Globule (1883). — Lymphatique (système), anatomie et physiologie (1869-1870). — Méconium (1872). — Mélanose (1873). — Moelle des os (anatomie, physiologie) (1875). — Muqueux (système), anatomie, physiologie, Musculaire (tissu), anatomie (1876). — Néomembrane, Néoplasie (1878). — Os (anatomie et physiologie), Organe, Organique, Organisation, Organisés (corps), Organisme (1882). — Parenchyme, Peau (1885). — Rate (anatomie), Rate (développement et physiologie) (1871). — Régression (1876). — Sarcode, Sarcodique (mouvement) (1878). — Sébacées (glandes et matières) (1880), — Sexe, Sexualité, Sexuels (organes) (1881). — Sudoripare (follicule et appareil), Sperme (1883).

Les articles Hématie, Histologie, Épithélium, etc., ont été confiés à M. Renaut. L'article Principes immédiats a été attribué, croyons-nous, à M. Albert Robin. L'article Pileux aurait été perdu.

Sur le mode de production des petits globes vitellins qui forment le blastoderme chez les Mollusques et les Hirudinées. — *Journal de l'Anat.*, 1865, p. 256.

Démonstrations expérimentales de la production d'électricité par un appareil propre aux poissons du genre des Raies. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 1865, p. 160.

Sur les phénomènes et la direction de la décharge donnée par l'organe électrique des Raies. — *Comptes rendus* de l'Acad. des Sciences, 1865, 2e série, p. 239. In extenso *Mémoires* Soc. de Biologie, 1865, p. 1.

1866

De l'action exercée par l'électricité sur les Noctiluques miliaires (en commun avec Legros). — *Journal de l'Anat.*, 1866, p. 558.

1867

LEÇONS SUR LES HUMEURS NORMALES ET MORBIDES DU CORPS DE L'HOMME PROFESSÉES A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS, 1 vol., Paris, 1867. — Voy. 2ᵉ édition, 1874.

Note accompagnant la présentation d'un volume intitulé « Leçons sur les humeurs normales et morbides du corps de l'homme. » — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 21 janvier 1867. *Journal de l'Anat.*, p. 203.

Note sur une éruption cutanée due à l'Acarus du blé, par MM. Robin et Rouyère. — *Comptes rendus* de la Soc. de biol., 8 juin 1867, p. 178.

Mémoire anatomique et zoologique sur les Acariens des genres *Cheiletus*, *Glyciphagus et Tyroglyphus* (en collaboration avec M. A. Fumouze). — *Journal de l'Anatomie*, 1897, p. 504 et 561.

Mémoire sur les dispositions anatomiques des lymphatiques des Torpilles comparées à celles qu'ils présentent chez les autres Plagiostomes. — *Comptes rendus* de l'Acad. des Sciences, 1867, 1ᵉʳ sem., p. 20.

Mémoire sur l'anatomie des lymphatiques des Torpilles, comparées à celle des autres Plagiostormes. — *Journal de l'Anatomie*, 1867, p. 1.

Indications historiques concernant les expériences tentées dans le but de découvrir le mode de transmission du choléra. — *Journal de l'Anat.*, 1867, p. 300.

Analyse et remarques sur les Nerfs dits nutritifs ou trophiques, à propos des *Recherches sur quelques troubles de nutrition consécutifs aux affections des nerfs*, par M. Mougeot, 1 vol. 4°, Delahaye, Paris. — *Journal de l'Anat.*, 1867, mai-juin, p. 276, même année, p. 208 et 209.

Mémoire sur l'évolution de la notocorde, des cavités des disques intervertébraux et de leur contenu gélatineux. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 1867, 1ᵉʳ sem., p. 879. In extenso dans *Mémoires* de la Soc. de Biologie, 1867, p. 31.

De la Biologie, son objet et son but, ses relations avec les autres sciences, nature et étendue du champ de ses recherches, ses moyens d'investigation. — *La Philosophie positive*, 1867, t. I, p. 78, 212, 392, juillet-décembre.

Égypte et Palestine, par le Dʳ E. Godard, avec une Préface par M. Ch. Robin. Paris, 1867. — Voyez ci-dessus p. CLVIII.

1868

Articles. Élément anatomique. Épithélium (et plus tard Histologie, Tissus, Secrétion) du *Dictionnaire universel d'Histoire naturelle* de Ch. d'Orbigny, 2ᵉ édition. Les premiers articles ont paru à part sous ce titre : ANATOMIE MICROSCOPIQUE. DES ÉLÉMENTS ANATOMIQUES. DES EPITHÉLIUMS (ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE COMPARÉE). 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque des sciences naturelles;* Paris, Germer Baillière, 1868, 124 p. Voy. pour la publication à part des derniers articles, 1869.

Note accompagnant la présentation de son travail intitulé : « Des éléments anatomiques et des épithéliums. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 1868, 1ᵉʳ sem., p. 298.

Première leçon du cours de M. Robin (2ᵉ semestre), intitulée : Principes généraux d'histologie (nécessité de l'étude des éléments anatomiques avant celle des tissus; propriétés de la substance organisée). — *Revue des cours scientifiques*, 30 mai 1868. — En note : 10 novembre 1866. « Cette leçon sert tous les deux ans d'ouverture au cours de M. Ch. Robin. C'est celle qu'on invoquait dans les accusations de matérialisme dirigées contre la Faculté de médecine de Paris. » — Voyez ci-dessus p. XL.

Recherches zoologiques et anatomiques sur les *Glyciphages* à poils palmés ou plumeux, par A. Fumouze et Ch. Robin. — *Journal de l'Anat.*, 1868, p. 66, avec 5 pl.

Observations sur une nouvelle espèce d'Acariens du genre Tyroglyphus, par A. Fumouze et Ch. Robin. — *Journal de l'Anat.*, 1868, p. 287, avec 2 pl.

Recherches sur une nouvelle espèce de sarcoptides du genre *Glyciphage*. — *Journal de l'Anat.*, 1868, p. 603 (3 pl.).

Mémoire sur les sarcoptides avicoles et sur les métamorphoses des Acariens. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 1er sem., 1868, p. 776.

Observations histologiques sur la génération et la régénération des nerfs. — *Journal de l'Anat.*, 1868, p.321.

Observations (à propos d'une note de M. Van Beneden, communiquée par M. Coste. relatives aux travaux que M. Ch. Robin poursuit à l'établissement de Concarneau. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 23 nov. 1868, p. 1053.

Articles Biologie, Biotaxie, Blastème, Cellules blastodermiques du *Dictionnaire encyclopédique.*

1869

Observations anatomiques et physiologiques faites sur des suppliciés par décollation. — *Journal de l'Anat.*, 1869, p. 69.

Nouvelles observations anatomiques et physiologiques, faites sur un supplicié par décollation. — *Journal de l'Anat.*, 1869, p. 456.

De l'appropriation des parties organiques et de l'organisme à l'accomplissement d'actions déterminées. — *La Philosophie positive*, mai-octobre 1869, t. IV, p. 318, t. V, p. 5 et 161.

Recherches physiologiques sur l'appropriation des parties organiques à l'accomplissement d'actions déterminées. — *Journal de l'Anat.*, 1869, p. 561, et 1870-71, p. 77 et 369.

ANATOMIE MICROSCOPIQUE. DES TISSUS ET DES SÉCRÉTIONS (ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE COMPARÉES). 1 vol. in-8° de la *Bibliothèque des sciences naturelles*, Paris, Germer Baillière, 1869, 123 p. — Extrait du *Dict. univ.* de d'Orbigny. (Voy. 1868.)

Note accompagnant la présentation d'un ouvrage intitulé : Anatomie et physiologie comparées des tissus et des sécrétions. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 8 mars 1869.

Note sur un nouveau genre d'Acariens (g. *Carpoglyphus*). — *Journal de l'Anat.*, 1869, p. 197.

Note sur la muqueuse de la voûte du pharynx. — *Journal de l'Anat.*, 1869, p. 235.

Recherches anatomiques sur l'épithélioma des séreuses. — *Journal de l'Anat.*, 1869, p. 239.

1869-1870

Article Lymphatique (système), anatomie et physiologie, du *Dictionnaire encyclopédique.*

1870

PROGRAMME DU COURS D'HISTOLOGIE PROFESSÉ A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS. 2e édition, revue et développée. (Voyez ci-dessus, 1864.)

Note accompagnant la présentation d'un volume intitulé : Programme du cours d'histologie professé à la Faculté de médecine de Paris, 2e édition, revue et développée. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 7 février 1870, et *Journal de l'Anat.*, 1870-71, p. 224.

1871

TRAITÉ DU MICROSCOPE ET DES INJECTIONS. Nouv. édition. (Voy. 1849 et 1877.)

Note sur la présentation de son ouvrage intitulé : Traité du microscope et de son emploi. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 26 juin 1871, p. 793.

Article Cartilage de Meckel (signé Magitot et Robin) du *Dictionnaire encyclopédique.*

1872

Sur les colorations noires bématiques et mélaïniques des tissus morbides. — *Journal de l'Anat.*, 1872, p. 78.

Observations anatomiques et zoologiques sur deux espèces de Daphnies. — *Journal de l'Anat.*, 1872, p. 449.

Rapport sur un mémoire de M. Dufossé intitulé : Sur les bruits et les sons expressifs que font entendre les poissons des eaux douces et des mers de l'Europe. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 1872, 2e sem., p. 1074.

Note accompagnant la présentation d'un ouvrage intitulé : Dictionnaire de médecine, etc., par MM. Littré et Robin, 13e édition entièrement refondue. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 9 déc. 1872.

Article Méconium du *Dictionnaire encyclopédique.*

1873

Anatomie et physiologie cellulaires ou des cellules animales et végétales, du protoplasma, et des éléments normaux et pathologiques qui en dérivent. 1 vol. Paris, J. Baillière — (Voy. ci-dessus p. LIV).

Note accompagnant la présentation d'un ouvrage intitulé : Anatomie et physiologie cellulaires. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 2 juin 1873, et *Journal de l'Anat.*, 1873, p. 439.

Note sur une nouvelle espèce de Tyrogliphes, le *Tyrogliphus sironiformis*. — *Journ. de l'Anat.*, 1873, p. 435.

Sur l'exsudation et les exsudats. — *Journal de l'Anat.*, 1873, p. 628.

Sur les organes phosphorescents thoraciques et abdominaux du Cocuyo de Cuba (*Pyrophorus noctylucus, Elater noctylucus*) (en commun avec M. Laboulbène). — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 1873, 2e semestre, p. 511, et *Journal de l'Anat.*, 1873, p. 593.

Articles Cellule (anatomie, physiologie et théorie), Cellulose, du *Dictionnaire encyclopédique*, t. XIII, 1re série, p. 563-694; Mélanose, *ibid.*, t. VI, 2e série, p. 372-410.

1874

Leçons sur les humeurs, etc... 2e édition. (Voy. ci-dessus, 1867.)

Paroles accompagnant la présentation d'un ouvrage intitulé : Leçons sur les humeurs normales et morbides du corps de l'homme, 2e édition. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 20 avril 1874, 1er sem., p. 1096.

Observations comparatives sur la moelle des os. — *Journal de l'Anat.*, 1874, p. 35.

Sur la structure intime de la muqueuse et des glandes uréthrales de l'homme et de la femme (en collaboration avec M. Cadiat). — *Journal de l'Anat.*, 1874, p. 514.

Sur la structure et les rapports des téguments dans les régions anale, vulvaire et du col utérin (en collaboration avec M. Cadiat). — *Journal de l'Anat.*, 1874, p. 589.

Observations sur la fécondation des Batraciens urodèles. — *Comptes rendus* de l'Acad. des Sciences, 1874, 1er semestre, p. 1254, et *Journal de l'Anat.*, 1874, p. 376.

Sur le parasitisme et la contagion. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 6 juillet 1874.

Articles Rate (anatomie) (en collaboration avec M. Legros) du *Dictionnaire encyclopédique*, t. II, 3e série, p. 380-408; Rate (développement et physiologie), *ibid.*, p. 408-438.

1875

Mémoire sur le développement embryogénique des Hirudinées. — *Mémoires* de l'Acad. des Sciences de Paris, 1875, t. XL, avec 19 pl. A part.

Sur la nature des fermentations en tant que phénomènes nutritifs désassimilateurs des plantes. — *Journal de l'Anat.*, 1875, p. 379.

Note sur la constitution des conduits excréteurs en général. — *Journal de l'Anat.* 1875, p. 432.

Sur la constitution des muqueuses de l'utérus mâle, des canaux déférents et des trompes de Fallope (en collaboration avec M. Cadiat). — *Journal de l'Anat.*, 1875, p. 83 et 105.

Note sur la structure du sac lacrymal et de ses conduits (en collaboration avec M. Cadiat). — *Journal de l'Anat.*, 1875, p. 487.

Préface aux *Éléments d'Anatomie comparée des animaux vertébrés*, par T.-H. Huxley. Trad. française. In-12, Paris, 1875.

Article Moelle des os (anatomie, physiologie) du *Dictionnaire encyclopédique*, t. IX, 2e série, p. 1-33.

1876

Préface de M. le prof. Robin à l'ouvrage: *Les grands processus morbides*, par J.-J. Picot. Paris, Masson, 1876.

Note sur la constitution du tissu fibreux. — *Journal de l'Anat.*, 1876, p. 611.

Observations sur quelques points de la texture des séreuses (en collaboration avec M. Cadiat). — *Journal de l'Anat.*, 1876, p. 621.

Articles Régression du *Dict. encyclopédique*, t. III, 3e série, p. 105-111; Muqueux (système), anatomie, physiologie, Musculaire (tissu), anatomie, t. X, 2e série, p. 406-474 et 501-651.

DES RAPPORTS DE L'ÉDUCATION AVEC L'INSTRUCTION. — *La Philosophie positive*, 1876-1877, t. XVII, p. 26, 131, 305; t. XVIII, p. 5. — A part, 1 vol. in-12.

1877

TRAITÉ DU MICROSCOPE ET DES INJECTIONS, 2e édit. Paris, 1877. — Édition très augmentée et ne renfermant pas la Classification des sciences. Cette édition est en réalité la 3e (Voy. ci-dessus 1849 et 1871).

Mémoire sur les sarcoptides plumicoles (en collaboration avec M. Mégnin). — *Journal de l'Anat.*, 1877, p. 209, 391, 498, 629, avec 3 pl.

Article Fécondation du *Dictionnaire encyclopédique*, t. I, 4e série, p. 318-397.

1878

Sur la reproduction gemmipare et fissipare des Noctiluques (Noctiluca miliaris, Suriray). — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 1878, p. 1482.

Recherches sur la production gemmipare et fissipare des Noctiluques. — *Journal de l'Anat.*, 1878, p. 563.

Remarques sur la genèse des éléments anatomiques ou théorie cellulaire. — *Journal de l'Anat.*, 1878, p. 507.

Claude Bernard (en commun avec M. G. Pouchet). — *Journal de l'Anat.*, 1878, p. 334.

Articles Fibre du *Dictionnaire encyclopédique*, t. II, 2e série, p. 23-27; Fibreux (tissu) *Ibid.*, p. 27-67; Fibro-cartilage et Fibro-cartilagineux (tissu et système), *Ibid.*, p. 77. Néomembrane, *Ibid.*, t. XVI, p. 100; Néoplasie, *Ibid.*, t. XII, p. 101, 2e série; Sarcode, Sarcodiques (mouvements), *Ibid.*, t. VI, p. 770-790, t. VII, 3e série.

1879

Sur les dégâts causés au maïs et au chanvre par les chenilles du Botys nubilalis, Hübner (en commun avec M. Laboulbène). — *Annales* de la Soc. entomologique de France, 8 janvier 1879 (voir 1884).

Remarques sur les fermentations bactériennes. — *Journal de l'Anat.*, 1879, p. 465,

Mémoire sur la structure et la reproduction de quelques Infusoires tentaculés, suceurs et flagellés. — *Journal de l'Anat.*, 1879, p. 529.

Sur la production d'électricité par les Raies. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 11 août 1879, p. 338.

1880

Sur quelques caractères anatomiques des Cheiroptères du genre Cynonycteris. — *Comptes rendus* de l'Acad. des Sciences, 1880, p. 1369.

Note sur l'ostréiculture et la pisciculture des côtes de Bretagne. — *Commission sénatoriale du repeuplement des eaux*. Sénat, 1880.

Recherches historiques sur l'origine des termes : Organisme et Organisation. — *Journal de l'Anat.*, 1880, p. 1.

Note sur quelques caractères et sur le cœur caudal des Anguilles, des Congres et des Leptocéphales. — *Journal de l'Anat.*, 1880, p. 593.

Articles Sébacées (glandes et matières) du *Dictionnaire encyclopédique*, t. VIII, 3e série, p. 377-405; Cytoblaste, Cytoblastions, *Ibid.*, t. XXI, 1re série, p. 273.

1881

Les Anguilles mâles comparées aux femelles. — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 21 février 1881, in extenso dans *Journal de l'Anat.*, 1881, p. 437.

Sur les corpuscules nucléiformes des leucocytes. — *Journal de l'Anat.*, 1881. p. 331.

Articles Sexe, Sexualité, Sexuels (organes) du *Dictionnaire encyclopédique*, t. IX, 3e série, p. 462-492; Génération (physiologie), *Ibid.*, t. VII, 4e série, p. 335-491.

1882

Mémoire sur la génération et la régénération de l'os des cornes caduques et persistantes des Ruminants (en collaboration avec M. Herrmann). — *Comptes rendus* de l'Ac. des Sciences, 6 mars 1882. In-extenso dans *Journal de l'Anat.*, mai-juin 1882.

Articles Organe, Organique, Organisés (corps), Organisation, Organisme du *Dictionnaire encyclopédique*, t. XVII, 2e série, p. 376-535; Os (anatomie et physiologie), t. XVIII, 2e série, p. 1-171.

1883

Sur la structure des corps rouges du Congre. — *Journal de l'Anat.*, 1883, p. 528.

Articles Développement du *Dictionnaire encyclopédique*, t. XXVIII, 1re série, p. 459-495; Globule, *Ibid.*, t. IX, 4e série, p. 271; Sperme, *Ibid.*, t. XI, 3e série, p. 112-194; Sudoripares (follicules et appareils), *Ibid.*, t. XII, 3e série, p. 688-703.

1884

Sur les dégâts causés au maïs et au chanvre par les chenilles du *Batys nubilalis*, Hübner (en commun avec M. Laboulbène). — *Annales* de la Soc. entomologique de France, 1884, p. 5-16, avec 1 pl. (voir 1879).

Note sur les organes élastiques de l'aile des oiseaux (en collaboration avec M. Chabry). — *Journal de l'Anat.*, 1884, p. 291.

Sur la distribution des fibres élastiques dans les parois artérielles et veineuses (en collaboration avec M. Retterer). — *Journal de l'Anat.*, 1884, p. 116.

1885

Note sur les propriétés émulsives du suc pancréatique. — *Journal de l'Anat.*, p. 465-485.

Article Parenchyme du *Dictionnaire encyclopédique*, t. XXI. 2e série, p. 138-172.

1886

NOUVEAU DICTIONNAIRE ABRÉGÉ DE MÉDECINE, DE CHIRURGIE, DE PHARMACIE ET DES SCIENCES PHYSIQUES, CHIMIQUES ET NATURELLES, par CH. ROBIN; 1 vol. grand in-8. Paris, Doin. — Voy. ci-dessus, p. CLVI.

Saint-Denis. — Imprimerie CH. LAMBERT, 17, rue de Paris.

NOTE

SUR UNE

NOUVELLE FORME DE SARCODINE
LE *SCHIZOGENES PARASITICUS*

Par R. MONIEZ
Professeur à la Faculté de médecine de Lille.

(PLANCHE XVI.)

J'ai trouvé cette espèce à Lille, pendant les mois d'août et septembre, dans la cavité viscérale d'un certain nombre de Crustacés appartenant aux espèces suivantes : *Cypris salina, ornata villosa, candida, lævis, punctata, unifasciata, ovata, vidua, monacha, Chydorus sphæricus* et *Daphnia sima*. Elle était surtout abondante chez le *Cypris salina* et presque tous les individus de cette espèce, provenant d'un bassin construit dans les cours de la Faculté de médecine, en contenaient un grand nombre; très fréquente aussi chez les *Cypris ornata, villosa, unifasciata*, je l'ai observée beaucoup moins souvent chez les autres espèces citées, bien que la provenance en fût la même. J'ai retrouvé le *Schizogenes* chez des Crustacés venant d'autres localités : à la vérité, je n'ai pas rencontré ailleurs, jusqu'ici, son hôte principal, le *Cypris salina*, mais je l'ai revu chez des *Cypris ornata vidua* et *lævis* de différentes provenances et une seule fois chez la *Daphnia sima*; mes recherches ont été vaines chez le *Chydorus sphæricus*, bien que, pour cette espèce comme pour la précédente, j'aie examiné un grand nombre d'individus. Le parasite semble à peu près limité aux espèces que j'ai nommées, et je l'ai cherché inutilement sur un grand nombre d'autres Ostracodes et Cladocères (1).

Le *Schizogenes* se présente sous des formes excessivement variables qui, prises individuellement et à première vue, pourraient

(1) J'ai observé chez le *Sida cristallina*, une fois sur une douzaine d'individus, un parasite fort analogue, sinon identique au *Schizogenes*, mais, malheureusement, je ne pus l'étudier ; or, la *Sida* est rare à Lille et elle échappe assez facilement aux recherches, grâce à la propriété qu'elle a de se fixer aux objets, aussi ai-je dû remettre à l'an prochain le complément de cette observation.

être considérées comme caractéristiques, à cause de leur apparente fixité : une observation plus attentive portant sur plusieurs d'entre elles, fait voir que toutes les formes ne sont que des états momentanés, préparant la reproduction ou résultant de la division et que l'espèce ne peut-être caractérisée par une figure définie, bien que, certaines formes très simples, puissent se rencontrer fréquemment. La taille est de même extraordinairement variable et les corps reproducteurs sont très dissemblables. Il ne reste donc, comme caractéristiques, que les particularités fournies par la nature du protoplasme et le mode de reproduction dont les processus sont en réalité constants. Nous ne pouvons mieux faire pour avoir une idée exacte de ce type, que d'en étudier successivement un certain nombre d'individus.

Disons d'abord que tous les *Schizogenes* observés étaient formés d'un protoplasme peu réfringent, absolument homogène, ne présentant pas de différentiation en zones, dépourvu de noyau, de vésicule contractile, de vacuoles, et de granulations d'aucune sorte; il est limité par un contour très net qui même, dans des cas peu fréquents à la vérité, forme une très mince membrane détachée du protoplasme qu'elle enveloppe. Les essais pour colorer tout ou partie du parasite sont restés infructueux et j'ai employé tour à tour le carmin boracique, le brun-bismarck, le vert de méthyle, le vert d'iode, l'aniline pure, la chrysoïdine, l'hœmatoxyline, etc. Seule la teinture alcoolique d'iode le colore en jaune clair. Le parasite résiste, pendant très longtemps et sans présenter aucune altération, quand on le tient dans l'eau ou dans le serum artificiel. D'une manière générale, les changements de forme se font très lentement, avec une sorte de difficulté et ils paraissent assez limités pour un même individu. En outre de toutes ces particularités, il faut donner comme très caractéristique le mode de reproduction dont nous allons observer de nombreux exemples : toujours la formation des nouveaux individus débute par des fentes qui apparaissent dans le protoplasme et qui, en se propageant, arrivent à détacher des masses de sarcode de forme et de dimensions très variables. Toute une portion de protoplasme s'écarte ainsi de la masse principale par une sorte de translation qui porte, non sur un point, comme dans la formation des pseudopodes des autres Sarcodines, mais sur une étendue plus ou moins considérable. Les

fissures dont nous venons de parler sont généralement parallèles aux surfaces ou parallèles entre elles, ce qui revient au même. On ne peut comparer ce mode de reproduction à la formation des spores. La division ne se fait pas quand seulement l'individu a atteint un volume déterminé : on l'observe chez des individus de toute taille comme de toute forme. D'après quelques observations rapportées plus loin il est possible que plusieurs individus entrent parfois en coalescence pour n'en plus former qu'un seul, mais nous n'avons rien constaté de positif dans cet ordre d'idées.

La forme la plus simple que l'on puisse observer est celle d'un disque bien régulier (fig. 26), ne présentant aucune sorte de mouvement ni de différentiation et dont le diamètre varie entre 4 et 6 μ. Cette forme, qui n'est pas très fréquente, est à peu près la seule dont les dimensions ne soient guère sujettes à varier et je n'ai pas observé d'individus dont le diamètre fut plus considérable. — Notons en passant qu'il faut véritablement avoir observé les aspects dont nous parlons plus loin, pour accorder quelque attention à un être aussi peu différencié, au milieu des éléments de toute sorte que l'on peut observer en écrasant un Cypris sur le porte-objet du microscope; la même observation pourrait être faite à propos de petits individus de forme allongée aussi peu différenciés que celui-ci.

Nous devons nous demander de suite de quelle manière se sont formés ces sujets si simples : ils proviennent, suivant un processus que nous allons avoir l'occasion de décrire, des individus représentés dans les figures 25 et 17 (*a a*). On voit, dans la figure 25, le point de départ du phénomène, la fente *b* qui va circonscrire la masse *a* et l'isoler de l'individu-mère. J'ai dit que les individus discoïdes et sans lacune centrale (fig. 26) étaient rares à l'état indépendant : on en voit aussi, peu fréquemment, attachés encore aux formes plus compliquées qui leur ont donné naissance. Ces observations démontrent que la forme encore très simple (fig. 20) dont nous allons parler maintenant ne se transforme pas en comblant sa lacune centrale comme on aurait pu s'y attendre. C'est le contraire qui est vrai et la forme figure 26 peut arriver à la forme figure 20.

Une seconde forme très simple s'observe beaucoup plus fréquemment que la précédente : elle est représentée figure 20.

Son diamètre est très variable, l'individu figuré mesurait 6 μ 5 et c'est une dimension moyenne. C'est encore un disque rond ou un peu ovale, régulier, immobile, sans aucun prolongement : on voit au centre une solution de continuité bien régulière, marquée par un contour très net.

Les individus de cette forme proviennent, à n'en pas douter, de ceux qui sont représentés figure 6 en (*a*) et figure 22 (en *a*); il est probable que les extrémités renflées marquées en *a* dans la figure 23 se détachent, pour former de ces individus discoïdes, évidés au centre. On observe parfois plusieurs de ces disques troués, disposés concentriquement et la figure 13 est intéressante, en ce qu'elle montre le stade initial de cette disposition. Si l'on prolonge par la pensée les fentes plus ou moins marquées apparues chez cet individu, on forme ainsi quatre disques concentriques déjà très nettement indiqués en *a*, *b*, *c*, *d*; les petits disques conserveront leur forme — pour quelque temps du moins — les grands prendront des aspects compliqués.

Notons encore, à propos de cette forme, l'identité qui existera entre les figures 20 et 25, aussitôt que le disque *a* de la figure 25 sera complètement détaché. Toutes les formes dont nous venons de parler, présentent, on le voit, beaucoup d'analogie entre elles.

La forme figure 9, n'est pas rare : elle peut dériver d'un individu de forme semblable (fig. 5) par une fissure qui apparaît dans la partie la plus épaisse du croissant; cette fissure délimite une portion de protoplasme qui peu à peu se soulève, rapproche ses extrémités et finit par s'individualiser. Fréquemment elle apparaît aux dépens d'individus compliqués comme en *b b* (fig. 6) où l'on voit deux de ces croissants aux pointes rapprochées inclus l'un dans l'autre, en *a* (fig. 3), en *f* (figure 22).

La forme représentée par la figure 12 est très fréquente et assez variable; on la voit apparaître en particulier dans les figures 22 et 28 sur lesquelles nous devons revenir plus loin.

Une forme qu'il est important de considérer parce qu'elle est le point de départ d'un grand nombre d'autres, est celle d'une sorte de baguette protoplasmique, souvent sans inflexions, qui peut être légèrement renflée à l'une de ses extrémités et dont les dimensions sont très variables. Ce corps, par des mouvements d'ordinaire presque insensibles et que nous avons suivis, peut se courber pour donner la figure 11; — l'on doit conclure de cette

observation que c'est de la même manière qu'apparaissent les formes fréquentes que nous avons représentées figure 7; la figure 8 ne montre qu'un degré plus avancé dans la courbure des extrémités qui peuvent entrer en coalescence avec la portion centrale : il n'est pas rare de rencontrer des individus présentant une disposition analogue et il suffit de patience pour assister à la soudure. Il est possible que la forme figure 8 donne par scission celle que nous avons dessinée figure 20 et il semble que l'on doive rattacher ici la figure 10, remarquable par le renflement des extrémités et par le bourgeon évidé qui se développe en arrière.

Nous pouvons supposer maintenant que, au lieu de se porter vers la partie centrale, les deux extrémités de la baguette protoplasmique se soudent entre elles, ou se rapprochent en décrivant de part et d'autre un cercle plus ou moins régulier : nous aurons ainsi les figures 1, 2, 4, 6, 15, 18, 21, 22, 28 que nous allons expliquer successivement.

Prenons d'abord la figure 4, forme assez fréquente du parasite : nous y voyons une sorte de 8 aux boucles non soudées; une moitié présente une large fente bien régulière qui divise son protoplasme en deux parties de même figure et la fente peut naturellement s'observer à tous les degrés. Par un processus dont nous parlons plus loin à propos de la figure 22, l'arc *b* ou l'arc *c* se détache et devient libre, à moins qu'il ne reste plus ou moins longtemps fixé par une extrémité, ce qui produit la forme que nous avons représentée figure 15.

La figure 2 peut recevoir une explication analogue : l'arc *a* est complètement délaminé, l'arc *b* n'est pas encore tout à fait libre; les fentes *c*, *d* préparent des individus d'une autre forme.

La figure 22 est intéressante, parce qu'elle nous montre que toutes les formes d'individus peuvent être produites par un seul et aussi parce qu'elle nous fait voir comment se détachent et pourquoi restent partiellement adhérents, dans certains cas, les individus nouvellement formés. Nous y distinguerons deux parties A et B : l'adhérence entre elles va cesser comme le marquent les caractères des points marqués *d* : la zone protoplasmique limitante, qui forme un contour très accentué, se continue de A sur B avec l'apparence d'une sorte de membrane excessivement mince, mais le protoplasme montre uue solution

de continuité très accentuée. La « membrane » finit bien par se rompre mais parfois la rupture ne se fait qu'un d'un côté et l'on a alors des aspects du genre de celui qui est représenté par la fig. 28 où les membranes marquées *g*, retiennent dans un même groupe les trois individus A, B, C.

La partie A de cette même figure 22 est épaisse, beaucoup plus épaisse que la partie B, dont la délamination est probablement déjà faite, mais une fente (*b*) marque le commencement de la division. J'ai vu à plusieurs reprises, sur des individus de cette forme, des fentes semblables se produire et partager la masse en deux portions plus ou moins égales.

La partie B (fig. 22) a formé des disques évidés, dont l'un a même déjà donné naissance à des individus de la forme représentée par la figure 9.

On remarquera dans la figure 22 les appendices marqués de la lettre *c* : ce sont des sortes de fouets auxquels je n'ai jamais vu que des mouvements de flexion très lents et qui m'ont paru ne changer jamais de forme : on peut les observer sur des individus de toute forme, aussi fréquemment à l'extérieur que dans les lacunes ; ils sont dus à la réparation d'une très mince lame de protoplasme et non à la saillie progressive d'un unique point de la surface : j'ai assisté plusieurs fois à leur formation.

Expliquons maintenant la forme donnée par la figure 28, que nous n'avons observée qu'une fois. Nous y constatons avec la plus grande netteté, l'indépendance possible de la portion interne du protoplasme avec la partie tout à fait périphérique, différenciée en une sorte de membrane très mince. Celle-ci est en voie de se séparer des individus nouvellement formés qu'elle circonscrivait. On remarquera le changement de nature de cette membrane vers les points marqués *d* et *f* : elle passe là, insensiblement, au contour que présentent ordinairement les autres individus et cela nous permet d'admettre que, en ces points *d* et *f*, les extrémités de la membrane se joignaient d'abord en enfermant les trois individus A, B, C, dont les deux derniers étaient vraisemblement côte à côte.

La figure 1 représente un aspect fréquent — le premier d'ailleurs que nous avons observé, — aspect comparable à la figure d'un 8, si nous faisons abstraction de l'espèce de bourgeon *a*, qui peut manquer, être situé sur un autre point, ou multiplié.

C'est un seul et volumineux ruban qui s'est contourné, non sans présenter certaines analogies avec les stades figurés en 7, 8, 10, 11. En observant des individus de cette forme, on peut les voir former un 8 parfait, par la soudure des extrémités avec la partie moyenne; parfois aussi, après un contact prolongé, les extrémités se détachent de nouveau et l'organisme reprend l'aspect que nous avons figuré ou écarte fortement ses extrémites. Je n'ai pas constaté dans cette forme l'apparition de la membrane représentée figure 28.

Nous avons rappelé, par la figure 21 un aspect très fréquent qui se rattache à la figure 18 et peut donner la forme représentée en 1. J'ai vu des individus de cette forme se fléchir et se redresser assez rapidement : on s'explique qu'il en soit ainsi dans les formes non soudées en des cercles moins parfaits et chez lesquelles la contractibilité n'est pas contrariée par l'effort d'une partie symétrique. L'individu représenté ici (fig. 21) mesurait 64 μ de longueur.

Des aspects très curieux sont représentés figures 3 et 19. Ce sont des masses assez volumineuses, arrondies, dont la première présente des fissures placées, — comme presque toujours d'ailleurs, — à peu près symétriquement par rapport au contour extérieur. La forme donnée par la figure 4 est très compliquée : on la voit former en même temps des figures en croissant, des disques évidés, des fouets, etc.; des fentes annoncent la prochaine scission de la masse principale. On observe assez rarement ces sortes d'aspect (1).

Citons encore l'individu représenté figure 24, observé une seule fois et qui est si différent de tous ceux que nous avons jusqu'ici décrits. Au lieu de s'accroître en épaisseur, il s'est considérablement allongé, jusqu'au point d'atteindre 320 μ : il offre à considérer une base plus volumineuse, dont chaque renflement détermine une fente, puis une portion longue et assez épaisse qui fait suite à la première et présente en son milieu un large canal ; les parois du canal entrent alors en coalescence pour un court trajet et s'écartent de nouveau en formant un renflement; le tout est terminé par une portion longue et grêle, enfermant un

(1) Notons que tout nos dessins ont été pris à la chambre claire, tâche que rend facile l'immobilité ou la grande lenteur des mouvements de ces êtres. — Tous les individus représentés sont figurés à la même échelle (Zeiss, oc. 3, obj. F) sauf les figures 21, 24, 27 qui ont été fortement réduites.

très étroit canal qu'on peut suivre jusque près de l'extrémité. Sur cette dernière portion se trouvaient un certain nombre de flagellums.

L'individu que je viens de décrire s'est allongé sous mes yeux, d'un tiers environ, dans l'espace d'une heure, sans présenter de mouvement appréciable; les secousses portées sur le couvre-objet ne semblaient pas l'impressionner et il ne faisait que subir les mouvements d'oscillation du liquide de la cellule dans laquelle je l'observais.

Enfin, j'ai pu étudier à plusieurs reprises des masses protoplasmiques très volumineuses, dont quelques-unes offraient un aspect véritablement étrange. J'en ai représenté deux relativement très peu compliquées, dans les figures 23 et 28. Ces individus ont tous les caractères essentiels des formes précédemment décrites, les fissures qui déterminent la séparation des rubans ou des disques protoplasmiques sont très accentuées dans la figure 27. Dans la figure 23, remarquable par les fentes de sa base, de longs et larges rubans ne sont plus adhérents que par une extrémité. — Le même hôte contient à la fois ces grandes masses et les individus de volume ordinaire.

Nous pouvons nous demander maintenant quelle position le genre *Schizogenes* doit occuper dans la systématique. S'il ne s'agissait d'un parasite, je considérerais sans hésitation ce type comme un des organismes les plus simples qui existent, à placer à côté des Monères, mais il faut se défier de l'apparence simple de ces êtres qui ont perdu leur indépendance et qui ne doivent d'ordinaire leurs caractères qu'à une profonde régression : souvent il convient d'attendre pour se prononcer, les éclaircissements que peut seule donner l'étude des formes voisines vivant dans des conditions différentes. Je ne sais s'il en est ainsi du *Schizogenes* et, provisoirement, nous le classerons dans les Rhizopodes, bien qu'il s'en éloigne par des particularités importantes et que d'autre part il ne présente ni vrais pseudopodes, ni vrais mouvements amiboïdes. Il semble que l'on doive faire pour lui une nouvelle famille de *Sarcodines* dont l'unique genre serait ainsi caractérisé :

Schizogenes: corps aplati de forme et de dimension variables, formé d'un protoplasme absolument homogène; reproduction par des fissures qui peuvent apparaître dans tous les points

de l'individu-mère et circonscrivent une masse de protoplasme qui constitue un nouvelindividu.

Espèce unique : *Schizogenes parasiticus*, parasite de plusieurs Ostracodes et Cladocères (1).

L'être énigmatique dont nous venons d'exposer les caractères semble avoir été entrevu par Weissmann. Cet éminent observateur, dans un des nombreux mémoires par lesquels il a poussé si loin l'étude des Daphnoïdes, a figuré (?), pensons-nous, quelques formes très simples du *Schizogenes*, à propos des éléments reproducteurs du *Simocephalus vetulus* (*Daphnia sima*, syn.). Il représente, comme cellules-mères, un stade fort analogue à nos figures 20 et 16; un autre stade peut se comparer à notre figure 3 pour les flagellums (2). Weissmann déclare d'ailleurs, qu'il n'a pu se rendre compte de la manière dont se formaient les spermatozoïdes et constate que ses observations ne concordent pas avec celles faites par Leydig sur le même animal. Il me semble peu probable, dit-il, que cette différence tienne à la saison dans laquelle j'ai fait mes observations, et il faut plutôt admettre une erreur dans la détermination des individus observés.

Disons que cette erreur nous paraît difficile à admettre : le *Simocephalus vetulus* est une espèce aux caractères si nets, qu'il n'est pas possible de se tromper à son sujet, pour peu que l'on ait observé des Cladocères, et la difficulté disparaît si l'on admet avec nous que Weissmann a figuré comme cellules-mères de spermatozoïdes, quelques états du *Schizogenes* (3).

(1) Le Dr *Deichler*, médecin à Francfort-sur-le-Mein, annonce dans un récent mémoire la découverte d'un Protiste dans les crachats des malades atteints de coqueluche. Les dessins qu'il donne de cet animal sont fort curieux : ce sont des espèces de croissants aux pointes plus ou moins rapprochées, et ménageant naturellement un espace dans lequel se trouve enfermé un organisme semblable au premier ou de forme arrondie. D'autres individus ont l'aspect de cellules très allongées, ou sont coudés avec une extrémité plus volumineuse. Peut-on rapprocher ce Protozoaire du *Schizogenes ?* Il en différerait par la nature du protoplasme qui est granuleux, par la présence (parfois) d'un noyau. Les fissures manqueraient aussi (Cf. *Deichler*, Ueber parasitäre Protozoen im Keuchhustenauswurf *Zeitsch. für wiss. Zool.*, t. 43, p. 144).

(2) *Weissmann*, Beiträge zur Naturgeschichte der Daphnoiden *Zeitscrift für wissenschaftliche Zoologie*, t. XXXIII, p. 75 et pl. XIII, fig. 38 B *spbl* et 38 C.

(3) Nous recevons pendant la correction de ces épreuves le fascicule 4 du tome 44 de *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, édité le 14 décembre 1886. Il contient un mémoire de Stuhlmann : *Beiträge zur Anatomie der inneren männlichen Geschlechtsorgane und zur Spermatogenese der Cypriden;* les figures 18, 24, 43, 47 de la planche qui accompagne cet intéressant travail semblent devoir être rapportées au *Schizogenes*.

RECHERCHES

SUR LES

INSECTES VÉSICANTS

(SUITE)[1]

Par H. BEAUREGARD

(PLANCHE XVII.)

Systèmes circulatoire, respiratoire et nerveux.

I. — APPAREILS CIRCULATOIRE ET RESPIRATOIRE.

J'ai fort peu de choses à dire de l'appareil circulatoire qui ne diffère pas de celui des autres insectes. Il consiste en un vaisseau dorsal étendu de la tête à l'extrémité de l'abdomen, et je ne l'ai point étudié d'une manière spéciale.

Quant au système respiratoire, il comprend une série de stigmates disposés de chaque côté du corps, et des trachées.

Les stigmates offrent ceci de particulier chez tous les Vésicants, qu'ils sont assez rapprochés de la face dorsale des Zoonites abdominaux et qu'ils siègent dans une aire, pour ainsi dire membraneuse, qui relie de part et d'autre les tergites cornés aux sternites. Cette aire membraneuse, molle et flexible est de couleur sombre et terne chez les insectes dont le test revêt des teintes métalliques; de couleur blanchâtre ou jaune pâle, chez les espèces à test jaune ou brun.

Les stigmates sont ordinairement très simples et formés d'un péritrème ovalaire qui circonscrit la base d'une cavité conique, hérissée de fins prolongements chitineux à sa face interne. Chez Cerocoma Schreberi toutefois, l'appareil se complique d'un lambeau chitineux, de forme triangulaire qui se fixe par sa base à la paroi interne de la cavité conique en question, recouvre l'orifice profond du stigmate et fait saillie au dehors.

La distribution des trachées a été étudiée par Audouin (loc.

(1) Voir les numéros de Novembre-Décembre 1885, Janvier-Février et Mai-Juin 1886.

cit.) chez la Cantharide. Chaque stigmate abdominal donne naissance à un gros tronc trachéen qui se divise bientôt en deux branches dirigées, l'une en avant, l'autre en arrière. Au thorax, chaque tronc se divise aussi en deux branches, mais dont la direction est différente. L'une de ces branches se dirige en haut, l'autre en bas, et chacune se subdivisant en un grand nombre de ramifications, il en résulte deux plans trachéens superposés, dans l'intervalle desquels est compris le tube digestif.

II. — SYSTÈME NERVEUX.

Audouin, en 1826, a donné une description assez détaillée du système nerveux de la Cantharide. On trouve, d'autre part, dans l'ouvrage de Brandt et Ratzburg (1829), des renseignements sur le système nerveux du Meloe et de la Cantharide. En 1832, Brandt et Erichson (38) ont décrit celui du Meloe. Enfin, en 1846, M. Blanchard (39) contrôla les précédentes recherches et les étendit à une autre espèce (*Mylabris Cichorii*). J'ai pu de mon côté reconnaître l'exactitude des précédentes observations et examiner sous le même rapport les genres Zonitis (Z. *mutica*) et Mylabris (M. *Geminata*).

Il est intéressant de remarquer, avec M. Blanchard, que dans ces différents genres, qui cependant présentent de nombreux caractères distinctifs, on trouve la plus grande unité dans la composition du système nerveux. Chez tous, en effet, outre les renflements cérébroïdes et le ganglion sous-œsophagien, on trouve trois ganglions thoraciques et une chaîne abdominale de quatre ganglions, dont le volume va grossissant jusqu'au dernier. La forme de ces ganglions abdominaux est à peu près triangulaire, à sommet antérieur; le dernier seul, beaucoup plus volumineux que les autres, est rectangulaire, et présente souvent dans le milieu de sa masse, un petit enfoncement ou même une petite fenêtre qui le divise incomplètement en deux parties.

Suivant M. Blanchard, par le nombre des ganglions de la chaîne abdominale, comme par leur arrangement, les insectes vésicants se rapprochent plus spécialement des Chrysoméliens. Toutefois, chez les Vésicants, les ganglions thoraciques seraient plus espacés et plus petits comparativement aux ganglions abdominaux,

Audouin le premier, paraît avoir reconnu l'existence d'un système nerveux viscéral. Il décrit, en effet, chez la Cantharide, deux filets nerveux « excessivement longs et très prolon- « gés en arrière, » situés de part et d'autre du vaisseau dorsal et partant d'un ganglion très distinct, situé en avant du cerveau et qui fournit antérieurement deux autres filets très grêles, se rendant au chaperon.

Plus tard, Brandt et Erichson ont donné une description complète de ce système nerveux viscéral chez le Meloe. Il comprend, comme c'est le cas général, chez les Coleoptères, une partie impaire destinée à l'estomac et dans laquelle le nerf récurrent est simple, et une partie paire réservée comme l'a montré M. Blanchard au vaisseau dorsal et aux trachées. Le ganglion frontal est triangulaire; il en est de même du renflement dans lequel se termine, en arrière, le nerf récurrent.

J'ajoute que chez les larves (Cantharide et Meloe), d'après Brandt et Ratzburg, le nombre des ganglions de la chaîne sous-intestinale est de treize, alors qu'il n'y en a que huit chez l'insecte parfait.

Appareil de la génération.

1° APPAREIL MALE.

a. ORGANES INTERNES.

Comme chez la plupart des Coléoptères, l'appareil mâle des insectes vésicants comprend une paire de testicules avec canaux déférents s'unissant en un conduit éjaculateur commun, et un certain nombre de glandes accessoires plus ou moins développées.

L'étude morphologique de cet appareil a été faite par Léon Dufour (31) qui l'a décrit et figuré chez quelques espèces (Mylabris, Zonitis). Audouin (14) de son côté, a fait connaître l'appareil mâle de la Cantharide, et on trouve dans la zoologie médicale de Brandt et Ratzburg (24) des dessins relatifs à cette espèce et au genre Meloe. Toutes ces descriptions sont ordinairement très sommaires et parfois inexactes, c'est pourquoi j'ai cru bon de reprendre cette étude en même temps que je me suis efforcé de l'étendre à un plus grand nombre d'espèces.

L'appareil mâle des insectes vésicants offre dans sa composition, suivant les genres que l'on étudie, des différences assez sensibles pour qu'il me paraisse nécessaire d'en donner une description détaillée chez chacun des types pris à part. Mais pour ne pas avoir à me répéter je commencerai par indiquer les caractères communs ou peu variables qui se rencontrent.

Les *testicules* sont relativement peu volumineux et mesurent de 2 à 3 millimètres de diamètre. Ils siègent aux côtés de l'abdomen contre les parois de l'estomac et sont cachés au milieu des nombreux replis des conduits déférents et de certaines glandes accessoires. Ils consistent chacun en un nombre parfois considérable de petits cœcums groupés autour d'un réceptacle central auquel aboutit le conduit déférent.

Leur forme est un peu variable; tantôt sphériques ou orbiculaires, ils sont ailleurs réniformes. Leur surface est ordinairement lisse ou marquée d'un fin réticulum dont les mailles correspondent au fond des follicules testiculaires. Parfois chez les Zonitis, par exemple, leur surface est hérissée, la tunique vaginale semblant faire défaut et les follicules se montrant alors comme un petit amas de poils fins et serrés.

La couleur des testicules est également un peu variable. D'un beau rouge orangé chez *Mylabris 4-punctata*, ils sont d'un jaune paille chez *Épicauta verticalis*, ou d'un jaune citron chez *Mylabris Geminata.* Ces diverses teintes sont dues à l'existence de cellules plus ou moins adipeuses remplies de granulations colorées et interposées aux follicules testiculaires.

Les *Canaux déférents* sont plus ou moins considérablement renflés dans leur portion voisine du conduit éjaculateur. Ces extrémités renflées sont toujours remplies de spermatozoïdes, et avec Siebold et Stannius je crois qu'on peut les considérer comme jouant le rôle de réservoirs spermatiques. Le canal déférent proprement dit serait alors représenté seulement par la longue portion grêle qui aboutit au testicule.

Le *canal éjaculateur* est toujours représenté par un conduit d'un fort petit diamètre, droit ou un peu sinueux.

Quant aux *glandes accessoires*, elles offrent dans leurs formes comme dans leur nombre d'assez grandes variations. Le plus souvent toutefois, elles sont au nombre de trois paires, et en forme de tubes droits ou enroulés.

Cantharide (pl. XVII, fig. 1). (*C. Vesicatoria*) (1). — Je prends pour type la Cantharide ordinaire parce que j'ai pu l'étudier avec plus de détails que la plupart des autres espèces. Beaucoup de ces détails s'appliquent d'ailleurs à ces dernières.

TESTICULES.

Les testicules chez la Cantharide sont à peu près sphériques, incolores ou légèrement jaunâtres et formés d'un très grand nombre de tubes testiculaires allongés et renflés en massue, à l'extrémité libre périphérique. Par leur extrémité centrale ces tubes débouchent dans une cavité commune à laquelle aboutit d'autre part le canal déférent.

La paroi des tubes testiculaires est formée d'une membrane parsemée de noyaux et parcourue par de fines trachées.

CANAUX DÉFÉRENTS.

Le réservoir central des testicules est tapissé d'un épithelium cylindrique qui passe en se modifiant un peu dans le conduit déférent qui lui fait suite. Ce conduit déférent tapissé dans sa partie épididymaire d'un épithélium à cellules cylindriques élevées est revêtu extérieurement d'une tunique musculaire à fibres circulaires et longitudinales. Cette région épididymaire extrêmement grêle est assez longue et s'enroule plusieurs fois sur elle-même, puis augmente peu à peu de diamètre jusqu'à constituer un tube large, cylindrique, proportionnellement très renflé (fig. 1 *d*) dont la surface extérieure est pourvue d'étranglements très marqués, que produisent des faisceaux de fibres musculaires circulaires. Cette portion renflée du canal déférent forme un réservoir spermatique que l'on trouve en effet toujours rempli de spermatozoïdes. Elle débouche dans l'extrémité antérieure élargie (*v*) du canal éjaculateur et semble continuer ce canal.

CONDUIT ÉJACULATEUR (Fig. 1, *c*).

En effet, comme l'a bien vu Audouin, le canal éjaculateur, chez la Cantharide s'évase à son extrémité antérieure de manière à former une sorte d'urne arrondie dans laquelle débouchent d'une part les conduits déférents et d'autre part les glandes accessoires de l'appareil génital. (Pl. XVII, fig. 2.) Dans le reste

(1) Voir Audouin (*loc. cit.*); Brandt et Ratzburg (*loc. cit.*); Règne animal Cuvier.

de son étendue le conduit éjaculateur se présente sous la forme d'un tube très grêle, un peu sinueux, dont la longueur égale à peu près l'espace mesuré par les cinq derniers anneaux de l'abdomen, et qui siège immédiatement au-dessous et à gauche de l'estomac. Sa paroi est formée de dedans en dehors, d'un épithélium à cellules cylindriques et d'une tunique musculaire à fibres longitudinales et circulaires. Aussi lorsqu'on ouvre l'insecte par sa face abdominale reconnaît-on facilement le canal éjaculateur aux énergiques contractions qui persistent pendant longtemps.

GLANDES ACCESSOIRES.

Les glandes accessoires sont, chez la Cantharide au nombre de trois paires (1). Elles s'ouvrent dans la portion antérieure renflée du conduit éjaculateur, sur la face ventrale de ce dernier, à peu près au niveau où débouchent les canaux déférents.

De ces trois paires, la médiane est insérée plus en avant que les autres et consiste en deux cœcums longs de 10 à 12 millimètres et mesurant $0^{mm},50$ de diamètre dans leur partie la plus large (pl. XVII, fig. 1 *s*). Chacun de ces cœcums après un court trajet en ligne droite se recourbe en une longue anse à convexité antérieure dans laquelle son extrémité libre s'enroule plusieurs fois sur elle-même en forme de crosse. Je désignerai ces glandes sous le nom de glandes *scorpioïdes* qui indique assez bien leur forme générale. Quand on a ouvert l'abdomen de la Cantharide, on reconnaît de suite les glandes scorpioïdes à la couleur d'un blanc crayeux qu'elles offrent dans une partie de leur étendue et à leur mode d'enroulement caractéristique. Elles occupent dans l'abdomen l'espace qui s'étend du 3e ou 4e anneau abdominal au bord postérieur du sternum du métathorax.

La seconde paire de glandes accessoires (pl. XVII, fig. 1 *v*) est insérée un peu en arrière et en dehors de la précédente. Ce sont deux cœcums cylindriques courts qui passant entre les glandes scorpioïdes et les canaux déférents embrassent étroitement la base de ces derniers.

La troisième paire enfin (pl. XVII, fig. 1 *x*) consiste en deux longs tubes qui prennent naissance immédiatement en arrière des

(1) Audouin (loc. cit.) décrit quatre paires de glandes accessoires : je n'en ai pour ma part jamais trouvé que trois paires, et Brandt et Ratzburg n'en figurent également que trois.

canaux déférents. Ils s'appliquent contre la face inférieure de ces derniers et se dirigent en arrière. Les tubes en question sont d'une grande longueur et pour prendre place dans l'abdomen ils s'enroulent de chaque côté du tube digestif en replis irréguliers tout au voisinage des testicules qu'ils cachent en partie. Leur paroi est tellement mince et délicate que lorsqu'on cherche à les dérouler on doit prendre les plus grandes précautions pour ne pas les déchirer. Ils semblent en effet au premier abord ne consister qu'en un filament de gelée claire et transparente un peu élastique. Leur forme est irrégulière; ils présentent de place en place dans toute leur longueur des renflements ovoïdes irréguliers et leur extrémité libre est claviforme.

Quant à la quatrième paire de glandes que Audouin décrit comme formée de « petits tubes déliés s'ouvrant dans le conduit spermatique commun », je ne l'ai jamais rencontrée malgré les nombreuses dissections que j'ai faites.

Il me reste à donner quelques détails sur la structure et le contenu de chacune des glandes que je viens de décrire.

Première paire ou Glandes scorpioïdes.

C'est vers le milieu de leur longueur que les glandes scorpioïdes commencent à s'enrouler. A partir de là aussi elles deviennent plus grêles, et chez certains individus leur extrémité terminale consiste en un petit cœcum qui paraît surajouté à la glande. C'est cette forme que représente notre fig. 4 (*h*), dans laquelle la glande est vue en partie déroulée. Audouin fait évidemment allusion à cette disposition quand il dit (loc. cit., p. 51) : « Un petit vaisseau flottant se voit non loin de leur extrémité libre, mais il manque quelquefois ». Souvent en effet la glande est formée d'un tube continu qui va seulement en diminuant de diamètre jusqu'à son extrémité libre, comme le montre la fig. 3. Quoiqu'il en soit d'ailleurs, la structure de la glande scorpioïde présente les caractères suivants :

Sa paroi est formée de dedans en dehors d'un épithélium et d'une musculeuse séparés par une membrane hyaline épaisse de 5 à 6 μ.

Épithélium. — L'épithélium est formé de cellules cylindriques, mais celles-ci n'offrent pas les mêmes caractères dans toute l'étendue du tube glandulaire. Les coupes transversales prati-

quées sur les régions postérieure et moyenne de ce tube montrent deux bourrelets épais (pl. XVII, fig. 10), latéraux formés par de très longues cellules (*e*), tandis que les espaces qui séparent ces bourrelets et qui correspondent aux bords interne et externe de la glande sont tapissés par un épithélium à cellules courtes (*i*) polyédriques qui ne mesurent pas plus de 12 μ de hauteur. On peut suivre les bourrelets épithéliaux dans toute la longueur de la glande jusque vers son extrémité, où ils vont en s'effilant et laissent une place de plus en plus grande à l'épithélium prismatique. Mais sur les coupes on constate qu'ils n'occupent pas aux différents niveaux la même situation relative; on les voit en effet gagner peu à peu les faces interne et externe en abandonnant les faces latérales qu'ils occupaient d'abord, puis revenir à cette situation primitive. En un mot ils décrivent un long tour de spire, et sans aucun doute ils ont une influence sur l'enroulement si caractéristique du tube glandulaire.

Les cellules épithéliales des bourrelets, examinées sans l'interposition d'aucun réactif ou sur des dissociations de pièces fixées par l'acide osmique, se présentent comme des éléments très allongés, mesurant 35 à 45 μ de hauteur sur 8 à 10 μ de largeur à leur extrémité libre. (Pl. XVII, fig. 7 et 6.) Elles sont claviformes, terminées en pointe à leur extrémité externe. Leur contenu est finement granuleux; leur noyau sphérique ou ovoïde pourvu de 2 à 3 nucléoles brillants, mesure 7 à 8 μ de diamètre en moyenne. Il est situé dans le tiers interne de l'élément.

Ces cellules ne forment qu'une seule assise et offrent une disposition qui est un peu différente pour chacun des bourrelets qu'elles constituent. Dans l'un (fig. 10 *b*) elles sont un peu plus courtes, moins épaisses et ce sont leurs extrémités internes qui ont une légère tendance à converger entre elles. Dans l'autre (fig. 10 *e*), elles sont plus hautes, et leurs extrémités périphériques sont tout à fait convergentes; sur les coupes tranversales elles présentent par suite une disposition en éventail très marquée.

Parmi les cellules que je viens de décrire, on en voit d'autres qui se distinguent par leur forme plus grêle, leurs contours irréguliers et leur contenu homogène, très réfringent que le picrocarmin colore en jaune pâle. Leur noyau pâle, comme ratatiné, occupe un point un peu renflé de la cellule. (Pl. XVII, fig. 8.) Ces divers caractères me font penser que ces éléments représentent

des formes de régression des cellules épithéliales. On trouve d'ailleurs dans ces mêmes régions des traînées granuleuses interposées aux cellules normales (fig. 10 *k*) et qui semblent un état ultime de leur évolution. Il est à remarquer que c'est seulement dans les parties moyennes les plus développées des bourrelets qu'on trouve ces éléments en assez grande quantité. Dans la région terminale du tube, où les bourrelets vont en diminuant de volume, l'épithélium qui les forme est beaucoup plus homogène (pl. XVII, fig. 12).

Musculeuse. — La musculeuse des glandes scorpioïdes est formée (fig. 6 *n*) de fibres longitudinales disposées en une ou deux assises à la surface de la membrane hyaline sur laquelle reposent les cellules épithéliales, et d'une couche externe de fibres transversales (*m*). Toutes ces fibres musculaires présentent sur leurs coupes transversales l'aspect bien connu d'un disque clair marqué en son centre d'un point sombre, qui se colore fortement par le carmin. Les éléments musculaires paraissent plus nombreux à la surface des bourrelets que sur les régions voisines.

Contenu des glandes scorpioïdes. — Les éléments épithéliaux que nous venons de décrire forment un organe de nature glandulaire, ainsi que l'atteste le contenu des tubes scorpioïdes. Ce contenu n'est pas homogène. Dans les régions postérieure et moyenne qui, à l'œil nu, se font remarquer par leur couleur d'un blanc crayeux, les tubes scorpioïdes renferment une matière légèrement jaunâtre, très dense et élastique qui forme un épais cordon remplissant en partie la lumière du canal. D'autre part, sur l'une des faces de ce cordon (pl. XVII, fig. 5 et 10) est creusée une rigole remplie par une substance gélatineuse et parsemée de nombreux corps cristallins, qui apparaissent plus nettement après addition d'une goutte d'eau à la préparation. En poursuivant l'examen de l'organe, on voit que cette substance gélatineuse devient de plus en plus abondante (fig. 11 et 12) dans la portion terminale du tube glandulaire en même temps que le cordon de substance épaisse s'effile et disparaît, si bien que la portion grêle qui termine le tube scorpioïde n'est plus guère remplie que d'une matière semi-liquide, présentant des vacuoles (fig. 11 *l*) et des cristaux en grand nombre en même temps que de fines granulations qui offrent une disposition radiée très nette.

Plus en avant encore, les cristaux disparaissent et il ne reste plus (fig. 12) qu'une matière granuleuse où des zones concentriques d'épaississement sont parfaitement visibles ainsi que des traînées radiaires de granulations.

Un examen plus approfondi du contenu des glandes scorpioïdes permet de noter quelques particularités dont voici les principales.

En étudiant sur des coupes ou des dissociations le cordon de matière épaisse, on constate que sa surface est piquetée de petits orifices atteignant à peine 1/2 μ de diamètre dans lesquels pénètrent de fins prolongements (fig. 10 *o* et o') qui semblent partir des longues cellules épithéliales des bourrelets. Sur les dissociations d'ailleurs, il est facile d'isoler des lambeaux d'épithélium (fig. 6 *e*), dont la surface est hérissée de ces délicats prolongements des cellules épithéliales. En même temps, la surface du tube présente de petits enfoncements qui représentent le moule de petites calottes muqueuses (fig. 10 *r*) qu'on voit se détacher de la surface de l'épithélium des bourrelets. Ces faits s'observent particulièrement bien dans les régions du tube où l'épithélium présente ces éléments à divers états d'évolution dont j'ai parlé plus haut. J'en conclus que ces bourrelets sont des organes de sécrétion muqueuse et que ce sont eux qui donnent plus particulièrement naissance au cordon de substance élastique. L'activité de la sécrétion est accusée par les nombreux éléments en voie de régression qui se rencontrent dans les parties postérieure et moyenne de l'organe.

Quant à la substance granuleuse de consistance plus molle, elle est plus spécialement le produit de sécrétion des cellules polyédriques courtes dans ces mêmes régions, et de l'ensemble de l'épithélium dans la partie terminale des tubes glandulaires. La surface de cette substance gélatineuse est marquée de dessins polygonaux, empreintes des cellules épithéliales (fig. 9).

Enfin les cristaux contenus en si grande quantité dans cette matière muqueuse méritent une attention spéciale. J'avais pensé tout d'abord qu'ils pouvaient être rapportés à de la cantharidine ou à un cantharidate, mais l'examen le plus superficiel ne permet pas de s'arrêter à cette manière de voir. La cantharidine cristallise en lames aplaties, très minces (fig. 18), tandis que les cristaux en question sont des prismes (fig. 13) hexaédriques

très réguliers, de toutes tailles. Les essais physiologiques que j'ai faits (voir plus loin) m'ont démontré d'ailleurs que les glandes scorpioïdes ne sont point vésicantes. Ces cristaux ne rappellent point non plus les cristallisations de l'acide urique et des urates et d'ailleurs il m'a été impossible d'obtenir la réaction de la murexide par l'addition d'acide azotique et d'ammoniaque, même en agissant sur des quantités assez fortes de produit.

Ces cristaux sont insolubles dans l'eau, le chloroforme et l'éther. Les bases fortes, ammoniaque liquide ou potasse caustique en solution concentrée, les gonflent rapidement au point de les faire disparaître à peu près complètement. Ils perdent alors leur forme cristalline, mais cependant ne sont pas détruits, car, par l'addition d'un acide fort, on voit peu à peu une sorte de contraction se produire, et les apparences cristallines se montrent de nouveau. Cette action est particulièrement nette avec l'acide acétique. Sous l'influence des acides forts et particulièrement de l'acide azotique, les cristaux disparaissent complètement sans trace d'effervescence. A ces différents caractères, je crois pouvoir admettre que l'on est en présence, non pas de cristaux de phosphate insoluble comme je l'avais pensé d'abord en les voyant se dissoudre rapidement et sans effervescence dans l'acide azotique, mais en présence de matières protéiques affectant des formes cristallines comme il s'en rencontre souvent dans les mucus. Ce ne sont donc pas de vrais cristaux, mais des cristalloïdes. Un autre fait vient appuyer cette conclusion. Les matières colorantes et en particulier le picro-carmin, colorent très bien en rose les corps cristallins en question, ce qui prouve bien que ce ne sont pas des vrais cristaux. L'iode les colore en jaune.

En résumé, les tubes scorpioïdes sont des glandes muqueuses spéciales annexées à l'appareil reproducteur, mais nullement des réservoirs spermatiques. Je n'y ai, en effet, jamais trouvé de spermatozoïdes. La sécrétion de ces glandes n'a, d'autre part, aucun rapport avec les propriétés vésicantes de l'insecte.

Deuxième paire.

Les cœcums courts qui avoisinent les tubes scorpioïdes sont également des glandes spéciales qui ne servent pas comme réservoirs spermatiques. Ce sont de petits tubes remplis d'une

substance gélatineuse parsemée de fines granulations, principalement à la périphérie; des traînées plus homogènes et réfringentes, se voient au centre de la masse.

La paroi de ces glandes (pl. XVII, fig. 20) comprend un épithélium à cellules polyédriques hautes de 8 à 10 μ avec noyaux sphériques mesurant 6 à 8 μ de diamètre et renfermant un ou deux nucléoles brillants. Les cellules se modifient un peu dans le fond du cœcum où elle sont un peu plus aplaties. L'épithélium repose directement sur une membrane hyaline de 5 à 6 μ d'épaisseur, transparente et homogène, dans laquelle on distingue quelques noyaux espacés, allongés tangentiellement à la surface de la glande. Il n'existe aucune trace de fibres musculaires.

J'ai dit, plus haut, que le produit de sécrétion de ces glandes est une sorte de mucus granuleux; j'ajoute que les cellules épithéliales, dessinent à la surface de ce mucus leur empreinte hexagonale et que les granulations sont régulièrement disposées en traînées ou colonnes radiales qui mesurent exactement en épaisseur le diamètre des cellules. Je ne saurais dire si ces glandes renferment de la cantharidine, mais j'indiquerai plus loin les raisons qui me donnent à penser qu'il en peut être ainsi.

Troisième paire ou glandes a cantharidine.

J'ai dit plus haut que la troisième paire de glandes accessoires consiste en longs tubes moniliformes à paroi très mince, à contenu absolument hyalin et qui figurent comme des chapelets à grains ovoïdes, qu'on dirait faits en verre filé, tant ils sont transparents. En examinant ces tubes à la loupe, on remarque que les espaces qui séparent leurs portions renflées présentent des stries transversales rapprochées. Cet aspect s'explique facilement quand on connaît la structure de la paroi. Celle-ci comprend, en effet, outre l'épithélium interne, une musculeuse assez puissante formée de fibres longitudinales et circulaires. (Pl. XVII, fig. 16.) Or, dans les portions dilatées du tube, les fibres musculaires sont comme dissociées et écartées les unes des autres. Dans les parties dont le calibre est resté cylindrique au contraire, les faisceaux de fibres sont rapprochés et déterminent des étranglements de la muqueuse alternant avec des saillies circulaires de celle-ci qui produisent la striation transversale.

En dedans de la musculeuse il existe une couche conjonctive formée de cellules étoilées qui se distinguent dans les parties renflées du tube par leur état de dissociation; leurs prolongements s'allongent alors et en s'unissant forment un remarquable réseau dont les noyaux très réfringents se colorent difficilement par le carmin. L'épithélium repose sur cette couche lamineuse et est formé de cellules sphériques ou polyédriques par pression réciproque qui renferment un fort noyau sphérique ou ovoïde pourvu de deux ou trois nucléoles très brillants (fig. 15 *a b*). Suivant les parties de la glande que l'on observe, l'épithélium montre quelques modifications dans la forme de ses éléments.

Dans les parties les plus voisines de l'abouchement au canal éjaculateur, les cellules épithéliales, relativement petites, mesurent 11 à 12 μ en moyenne, avec un noyau dont le diamètre atteint 7 μ. (Fig. 15 *a*.) Elles sont alors très serrées les unes contre les autres et de forme hexaédrique. Dans les parties moyenne et terminale du tube glandulaire, on voit se mêler à ces cellules d'autres éléments complètement sphériques, beaucoup plus volumineux, qui mesurent 15 à 17 μ de diamètre avec un noyau de 8 à 10 μ. (Fig. 15 et 16 *b*.) Enfin, dans les parties cylindriques de la glande, la muqueuse présente de grandes cellules allongées (fig. 15 *c*) en forme d'outre dont l'orifice s'ouvre dans le tube glandulaire et dont le fond sphérique, rempli d'une matière granuleuse, est occupé par le noyau. Le contenu du col de ces ampoules est homogène, fortement réfringent. Ces ampoules, véritables glandes unicellulaires, mélangées aux cellules épithéliales, rappellent les cellules calyciformes de l'épithélium de l'intestin des mammifères et présentent différents états de régression que nous figurons. Elles deviennent par place, en effet, plus grêles, totalement réfringentes (fig. 15 *d*), et le noyau ne se voit plus que comme un petit amas, appliqué contre le fond de l'élément et reconnaissable à la coloration rose qu'il prend encore par le picro-carmin.

Contenu. — Les glandes de la troisième paire sont des réservoirs séminaux (1); j'ai toujours trouvé, en effet, le fond rempli de faisceaux de spermatozoïdes (voir fig. 14 3 *p*). De plus, ce

(1) Peut-être est-ce beaucoup dire que ces tubes fonctionnent comme réservoirs séminaux. Il est toutefois incontestable qu'ils renferment toujours une certaine quantité de faisceaux de spermatozoïdes massés dans leur partie la plus profonde.

sont les organes d'élection de la cantharidine, ainsi que me l'ont prouvé les nombreuses expériences que j'ai faites sur moi-même et qui seront exposées dans une autre partie de ce travail. Il m'a d'ailleurs été possible d'en faire la preuve chimique, et voici comment j'ai procédé :

Dans toute leur longueur, les tubes en question sont remplis d'une substance muqueuse hyaline, transparente et homogène qui se colore en rose par le carmin. Si, prenant un des tubes et le plaçant sur une lame de verre, on le traite par une goutte d'acide acétique ou d'un acide fort (nitrique ou sulfurique), on voit au bout de peu de temps se déposer dans la masse muqueuse qui perd sa transparence de nombreux cristaux en forme de fines aiguilles ou en lamelles allongées rectangulaires groupées irrégulièrement autour de masses amorphes à surfaces mamelonnées (voir fig. 17, pl. XVII). — Ces cristaux sont solubles dans le chloroforme et à peu près insolubles dans l'eau; caractères qui appartiennent bien à la cantharidine. Bien plus, si on ajoute un peu d'eau sous la lamelle où les cristaux sont dissous dans le chloroforme, on voit bientôt apparaître une magnifique cristallisation en tables rhomboïdales (voir fig. 19) absolument comparable aux cristaux de cantharidine pure que j'ai figurés pl. XVII, fig. 18, comme terme de comparaison.

Ces faits me paraissent démontrer que, s'il existe de la cantharidine en dissolution dans le mucus des tubes glandulaires, cette cantharidine ne représente pas tout le produit actif; il doit y avoir également une certaine quantité de cantharidine à l'état de cantharidate alcalin; on s'explique dès lors l'action de l'acide qui déplace la base et laisse la cantharidine en liberté (1). D'ailleurs, je reproduis cette expérience de la façon suivante : prenant de la cantharidine pure, je la convertis en cantharidate de potasse en la chauffant pendant quelque temps dans un tube renfermant une solution concentrée de potasse caustique. Une fois la cantharidine dissoute, je neutralise avec précaution. Une goutte du liquide placée sous le microscope ne laisse voir aucun cristal. J'ajoute alors sous la lamelle une goutte d'acide

(1) On sait, depuis les travaux de MM. Blum (32), Massing et Dragendorff (33) que la cantharidine est un anhydride de l'acide cantharidique, et est susceptible de se combiner avec les bases en fixant deux équivalents d'eau.

azotique; très rapidement des cristaux se déposent; leur forme en tables rhomboïdales est bien celle de la cantharidine ; d'ailleurs ils se dissolvent rapidement dans le chloroforme. Je suis donc arrivé de la sorte à reproduire l'expérience faite sur le tube à cantharidine, mais en employant un cantharidate; je me crois donc bien fondé à admettre que la cantharidine existe pour une part au moins à l'état de cantharidate dans le tube en question. Cette manière de voir est conforme à l'opinion émise par Blum (34), qui admet que la cantharidine existe dans les cantharides à la fois à l'état de liberté et à l'état de combinaison. Il est vrai que M. Béguin (35), dans un travail plus récent, n'a pas adopté cette manière de voir; mais les raisons qu'il en donne ne me paraissent pas très convaincantes. M. Béguin commence, en effet, par remarquer que dans l'extraction de la cantharidine l'emploi d'un mélange d'acide acétique et d'éther lui donne un rendement relativement plus considérable que lorsqu'il emploie l'éther seul ou le chloroforme. Puis, observant dans une seconde série d'expériences qu'après le traitement des cantharides par le chloroforme seul il n'obtient plus de cantharidine en essayant l'action de l'acide acétique et de l'éther, il conclut que l'existence de cantharidates dans les cantharides ne saurait être admise et que le principe actif doit être considéré comme existant dans ces insectes tout entier à l'état de liberté. Je ferai remarquer que dans ces expériences il se peut fort bien que le chloroforme d'abord employé ait dissous non seulement la cantharidine libre, mais aussi une partie du cantharidate qui, bien que moins soluble, l'est cependant dans une certaine proportion. Ainsi s'expliquerait le rendement nul ou peut-être très faible donné par le traitement secondaire au moyen d'un acide. Pour ma part, je crois que mes expériences histochimiques résolvent la question, car s'il n'existe pas de cantharidate dans la glande soumise à mes expériences, je ne sais comment on pourrait expliquer l'apparition de cristaux de cantharidine par l'addition d'un acide. Je rappelle que les cristaux en question, par leur forme, par leur insolubilité dans l'eau, par leur solubilité dans le chlorfoorme et l'éther ne peuvent donner lieu à aucune méprise et sont certainement des cristaux de cantharidine.

En résumé, des trois paires de glandes annexées à l'appareil mâle des Cantharides, deux paires, la première et la seconde,

fonctionnent comme organe de sécrétion de substances muqueuses. Une seule paire, la troisième, fonctionne comme réservoir séminal, et cette dernière en même temps est le siège de la production du principe actif.

Genre Meloe (1). — Chez les Meloe (M. *Proscarabæus*, M. *Majalis*), l'appareil mâle est tout à fait comparable à celui de la Cantharide. Les testicules réniformes déversent leur produit dans des canaux déférents, dont la portion distale dilatée fonctionne comme réservoirs spermatiques.

Les glandes accessoires sont aussi au nombre de trois paires, mais la partie du canal éjaculateur dans laquelle elles débouchent n'est point renflée comme chez la Cantharide en une sorte de réceptacle.

De ces trois paires de glandes, l'antérieure est enroulée et le nom de tubes scorpioïdes convient aussi bien à ces organes qu'à ceux qui leur correspondent chez la Cantharide. Leur contenu d'un blanc crayeux consiste également en une matière épaisse élastique, et en nombreux et volumineux cristaux qui m'ont offert les mêmes caractères que dans l'espèce précédente. Dans leurs recherches sur diverses espèces de Meloe employés comme vésicants en Piémont (M. *Violaceus*, M. *Autummalis*, M. *punctatus*, M. *Majalis*, etc.). MM. Lavini et Sobrero (36) avaient remarqué « que quelques individus de forte taille présentaient dans leur ventre desséché de petits cristaux prismatiques blancs transparents, visibles même à l'œil nu ». Ils ne s'étaient pas expliqués sur la nature de ces cristaux et des indications qu'ils donnaient ensuite, il résultait qu'ayant retrouvé chez les insectes en expérience de la cantharidine et de l'acide urique, les cristaux sur lesquels ils avaient appelé l'attention pouvaient être l'une ou l'autre de ces substances. D'après ce que nous avons vu, il n'en est rien ; l'acide urique, dont ils ont « reconnu la présence dans l'extrait aqueux » provenait des vaisseaux de Malpighi ou de l'intestin qui en renferme parfois des quantités assez considérables. Quant à la cantharidine, elle n'existe pas dans les glandes scorpioïdes. Les cristaux auxquels ces auteurs font allusion ne sont autre chose que les cristaux de matière protéique si

(1) Voir Brandt et Ratzburg, loc. cit.

abondants dans ces dernières glandes et qu'on distingue en effet comme une fine poussière crayeuse chez les individus de taille un peu volumineuse.

La seconde paire de glandes accessoires est formée de cœcums un peu plus allongés et plus volumineux que chez la Cantharide.

Quant à la troisième paire, elle consiste comme chez cette dernière espèce en tubes moniliformes très fragiles, qui sont sinueux et enroulés sur eux-mêmes dans les côtés de l'abdomen. Ce sont les tubes à cantharidine.

Lytta pensylvanica (fig. 21, pl. XVII). — Chez Lytta pensylvanica, les testicules sphériques se trouvent complètement cachés au milieu des nombreux replis des canaux déférents et des tubes à cantharidine.

Les canaux déférents très renflés dans les 2/3 de leur longueur s'abouchent dans le conduit éjaculateur sans l'intermédiaire d'une dilatation de ce conduit.

Il existe trois paires de glandes accessoires. La première paire (tubes scorpioïdes) est formée de longs tubes, grêles à leur origine, plus larges et de calibre irrégulier dans leur partie moyenne et terminés enfin par une extrémité déliée. Ces tubes s'enroulent et s'enchevêtrent en confondant leurs anses avec celles des conduits déférents; ils se portent en arrière et non en avant comme chez la Cantharide. Sur notre figure, nous les avons pour plus de clarté ramenés en avant, mais on voit très nettement le coude brusque que nous avons dû leur faire faire pour les placer dans cette position.

Les glandes accessoires de la seconde paire sont deux petits cœcums (v) longs de 2 à 3 millimètres, qui prennent naissance comme chez la Cantharide sur la face ventrale du conduit éjaculateur un peu en arrière et en dehors des précédents. Ces tubes, très grêles, sont droits ou un peu courbés à leur extrémité libre.

Enfin les glandes de la troisième paire (x) naissent sur la face dorsale du conduit éjaculateur au niveau de l'origine des canaux déférents et leurs replis très nombreux enveloppent ces canaux et les testicules. Ce sont les tubes à cantharidine. Ils offrent comme chez la Cantharide un aspect moniliforme, mais bien moins ré-

gulier. Leur calibre est généralement plus considérable que dans cette dernière espèce.

Lytta vittata. — D'après Leydi (37) cette espèce possède comme la précédente trois paires de glandes accessoires.

Cerocoma schoefferi (pl. XVII, fig. 22). — Ici les canaux déférents très grêles à leur extrémité voisine du testicule, sont relativement peu allongés. Il existe trois paires de glandes accessoires, savoir : en avant une paire de tubes scorpioïdes proportionnellement très longs, par suite fort enroulés et qui s'ouvrent à la face ventrale du conduit éjaculateur à peine élargi à ce niveau. A l'endroit même où débouchent les tubes scorpioïdes, on voit s'insérer les petits cœcums de la seconde paire qui sont très courts un peu renflés à leur extrémité libre et rejetés sur la face ventrale du conduit éjaculateur. Ces petits cœcums sont couchés, de telle sorte qu'ils semblent continuer en arrière les tubes de la première paire (fig. 23 *v*). Enfin latéralement de gros tubes, à calibre très irrégulier fortement sinueux, figurent la troisième paire de glandes accessoires.

Mylabris 4-punctata (pl. XVII, fig. 24). — Dans cette espèce, les testicules réniformes ont une belle couleur rouge orange ou jaune citron, on distingue sous ce rapport des variations individuelles assez marquées. Les canaux déférents sont longs et volumineux.

Quant aux glandes accessoires, elles présentent quelques particularités. D'après Léon Dufour (loc. cit.), il y aurait « *quatre paires de vésicules séminales* ». Cette manière de voir n'est pas absolument juste. Voici en réalité comment les choses se présentent : à la partie antérieure du conduit éjaculateur il existe une paire de tubes allongés, sinueux, recourbés à leur extrémité libre. Ces extrémités un peu renflées sont ordinairement au contact l'une de l'autre et sont retenues dans cette position par de fines attaches lamineuses. Les tubes en question répondent aux tubes scorpioïdes des précédentes espèces, ils s'ouvrent dans le conduit éjaculateur au niveau où débouchent les canaux déférents qui semblent être la continuation de ce conduit. En ce point, les tubes scorpioïdes deviennent très sinueux, renflés et on peut les suivre accolés et confondus sur une certaine longueur à l'intérieur du conduit éjaculateur.

La deuxième paire de glandes accessoires (*v*) est formée de deux longs tubes moniliformes insérés de chaque côté des précédents et qui renferment une substance incolore et transparente. Leur paroi est excessivement mince et leur contenu se gonfle très rapidement dans l'eau. Bien que je n'aie point fait d'expériences spéciales à ce sujet, je ne crois pas m'avancer trop en admettant que ces tubes sont des glandes à cantharidine; les caractères ci-dessus l'indiquent suffisamment.

Quant à la troisième paire de glandes accessoires (*x*), elle se présente de la manière suivante :

De chaque côté, on voit déboucher dans le conduit éjaculateur, à l'orifice même du canal déférent, un petit canal court qui se renfle immédiatement en une sorte de grosse ampoule (fig. 24 et 25 *o*) d'où partent deux tubes moniliformes d'inégale longueur, beaucoup moins longs toutefois que ceux de la Cantharide, mais présentant pour le reste les mêmes caractères. C'est l'existence de ces deux tubes de chaque côté qui avait fait croire à L. Dufour que les Mylabres possèdent quatre paires de glandes accessoires. On voit d'après notre description qu'il n'en est rien et que le M. *4-punctata*, sous le rapport du nombre des glandes séminales, ne se distingue pas en réalité des espèces précédemment décrites.

Mylabris geminata. — D'ailleurs, l'étude d'autres espèces de Mylabres nous ramène à la forme ordinaire. Ainsi, chez (pl. XVII, fig. 26) M. *geminata*, on ne trouve que trois tubes de chaque côté, savoir : en avant les tubes scorpioïdes, puis une paire de larges cœcums un peu atténués à leur extrémité et renfermant un contenu hyalin. Enfin, une paire de tubes moniliformes, peu allongés, répondant aux glandes à cantharidine des autres espèces.

Chez Mylabris melanura, j'ai noté une tendance très particulière des canaux déférents à se renfler en ampoules en différents points de leur trajet; sur la figure que je donne (pl. XVII, fig. 26 *o*) en particulier, on peut voir qu'à quelque distance des testicules les canaux déférents sont largement dilatés en une sorte de réservoir ovoïde. Il se peut que cette apparence ne soit qu'un accident de préparation et résulte de la facilité avec laquelle le contenu de ces tubes se gonfle dans l'eau où se fait la dissection. En tous cas, cette tendance à présenter de pareils renflements montre que la paroi des canaux déférents est dans ces espèces beaucoup

plus délicate que chez les Cantharides, les Lytta et les Meloe, où je n'ai observé rien de semblable dans des conditions cependant identiques.

Épicauta verticalis (pl. XVII, fig. 27). — L'appareil mâle interne de l'Epicauta verticalis présente une organisation un peu différente de celle que nous avons rencontrée chez tous les Vésicants étudiés jusqu'ici.

D'une part, les canaux déférents se font remarquer par la limite très nette qui existe entre leur portion grêle rattachée au testicule et leur portion dilatée qui s'ouvre dans le conduit éjaculateur renflé à ce niveau comme chez la Cantharide. La portion grêle est très sinueuse et cesse brusquement pour se continuer par la portion renflée, presque cylindrique. Cette dernière portion, vrai réservoir spermatique, est donc mieux délimitée que partout ailleurs et parfaitement distincte de la portion grêle qu'on pourrait appeler épididymaire. Bien plus, et comme pour mieux marquer cette limite, au niveau où le tube grêle se continue dans le réservoir cylindrique, on voit déboucher un petit cœcum, long de quelques millimètres, sorte d'appendice glandulaire dont nous n'avons trouvé aucune trace chez les autres Vésicants précédemment étudiés (pl. XVII, fig. 27 *b*).

D'autre part, tandis que chez ces derniers nous avions toujours trouvé trois paires de glandes accessoires chez Épicauta verticalis, il en existe quatre paires ainsi disposées : la plus antérieure s'attache à l'extrémité antérieure du conduit éjaculateur quelque peu à sa face dorsale (fig. 26 et 27). Elle consiste en tubes très longs, enroulés, dirigés en avant; leur contenu est d'un blanc crayeux. Ces organes correspondent aux tubes scorpioïdes des précédentes espèces. Un peu en arrière de ces tubes, et vers le milieu de la face ventrale du conduit éjaculateur, on voit s'ouvrir une seconde paire de glandes qui consiste en deux cœcums courts, recourbés en crochet à leur extrémité légèrement renflée. Une troisième paire de glandes est composée par deux tubes légèrement sinueux (*a*), mais non enroulés, qui se dirigent en avant entre les tubes scorpioïdes dont on a peine à les isoler. Ces cœcums sont insérés en arrière de la deuxième paire et en dehors.

Plus en dehors enfin, on voit encore de chaque côté un long

tube, très renflé à son origine, puis devenant plus grêle, sinueux, et s'enroulant d'une façon presque inextricable au milieu des replis de la portion épididymaire du canal déférent. Cette quatrième paire correspond aux glandes à cantharidine.

Bien qu'on retrouve chez l'Epicauta verticalis les parties essentielles décrites dans l'appareil génital des autres Vésicants, un coup d'œil jeté sur la figure que nous donnons montrera mieux encore que toute description les différences assez grandes qui distinguent cette espèce.

Genre Zonitis. — Avec le genre Zonitis nous arrivons à un type bien différent des précédents. Léon Dufour (loc. cit.) a déjà décrit et figuré l'appareil mâle de Zonitis *præusta*; il est semblable, à quelques détails près, à celui de Zonitis *mutica* que j'ai étudié et que je reproduis (pl. XVII, fig. 20).

Chez Zonitis mutica, les testicules (*t*), comme l'a bien vu Dufour chez Z. prœusta, se distinguent des testicules des autres Vésicants en ce que leur tunique externe semble faire défaut. Les capsules spermatiques oblongues se montrent alors comme de petites éminences papilliformes au-dessus d'une sorte de calice auquel aboutit le canal déférent. Les testicules ainsi composés siègent assez haut dans l'abdomen et ne sont pas placés comme chez les autres espèces dans la partie postérieure de cette cavité.

Les spermatozoïdes présentent également un caractère tout particulier. Beaucoup plus allongés, ils mesurent jusqu'à 150 μ de longueur et forment des faisceaux rubanés qui ont environ 12 μ de largeur.

Les canaux déférents présentent une portion grêle très développée, à laquelle fait suite une portion cylindrique un peu sinueuse et trés renflée qui débouche dans l'extrémité dilatée en ampoule d'un conduit éjaculateur grêle et court.

Quant aux glandes accessoires, elles sont au nombre de trois paires comme chez la Cantharide, mais elles offrent des formes tout à fait nouvelles et se présentent comme suit :

La paire la plus antérieure est formée de chaque côté par un tube qui prend naissance au sommet de l'ampoule du conduit éjaculateur. Ce tube, d'abord grêle et dirigé en avant, se renfle brusquement (pl. XVII, fig. 29 et 30 *a*) en une sorte de sac irré-

gulier qui bientôt s'incurve, puis s'atténue et se termine en un long et grêle cœcum sinueux qui se dirige en arrière et se place dans la région postérieure de l'abdomen.

Non loin du point où s'insère la première paire de glandes, on voit naître sur la face ventrale une paire de courts cœcums cylindriques un peu renflés à leur extrémité terminale (*v*).

Enfin, les glandes accessoires de la troisième paire consistent en deux petits sacs ovoïdes (*x*) qui communiquent avec le conduit éjaculateur par un col très grêle et court. Ces glandes vésiculeuses siègent un peu en arrière et en dehors de la seconde paire. Je n'ai malheureusement pas fait d'observations relativement au contenu des glandes accessoires du Zonitis mutica, mais si l'on prend en considération le mode d'insertion et les rapports réciproques de ces glandes, la première paire, caractérisée par les renflements que j'ai décrits, répondrait aux tubes scorpioïdes des autres Vésicants. Les cœcums cylindriques seraient assimilables à la seconde paire de glandes, et les sacs ovoïdes aux glandes à cantharidine qui seraient ici très courtes mais volumineuses. Leur contenu est d'ailleurs hyalin. Du volume peu considérable des glandes à cantharidine chez les Zonitis on peut conclure à priori, si ces glandes ont bien la fonction que je leur attribue, que ces espèces sont moins franchement vésicantes que les autres. Cela est si vrai que Leclère (40) les avait classées parmi les cantharidies non vésicantes. Depuis Béguin (35) a reconnu que cette opinion était erronée, et je l'ai vérifié moi-même, mais il n'en reste pas moins vrai que le pouvoir vésicant des Zonitis a pu être nié, fait qui concorde avec le peu de développement des glandes à cantharidine.

La description que fait L. Dufour (loc. cit.) des glandes accessoires de l'appareil mâle du Zonitis prœusta répond dans ses traits essentiels à ce que nous venons d'indiquer. Toutefois, les glandes de la première paire sont représentées simplement comme des tubes cylindriques sans renflements et les rapports d'insertion sont tout autrement indiqués. C'est ainsi que Dufour ne figure pas de renflement à l'extrémité antérieure du conduit éjaculateur, et qu'il représente les glandes fixées de part et d'autre de ce conduit sur le canal déférent correspondant; les glandes vésiculeuses en dedans et en avant, les cœcums en dehors et les longs tubes flexueux en arrière. Je rappelle ces diffé-

rences sans les discuter, parce que je n'ai pas eu l'occasion d'étudier cette espèce, mais je tiens à affirmer que chez le Zonitis mutica, qui a fait l'objet de mes recherches, les rapports d'insertion et les caractères morphologiques sont bien ceux que j'ai indiqués.

Sitaris humeralis. — Suivant L. Dufour, on retrouve chez le Sitaris la même disposition et la même texture des organes que chez le Zonitis prœusta, mais il n'existerait que deux paires de glandes accessoires, sous forme de tubes allongés.

En résumé, l'appareil mâle interne des insectes vésicants peut être rapporté à plusieurs types caractérisés chacun par le nombre des glandes accessoires. Dans la plupart des espèces *(Cantharis, Lytta, Cerocoma, Mylabris, etc.)*, il y a trois paires de glandes. Mais il n'y en a que deux chez les Sitaris, tandis que les Épicauta (*E. Verticalis*) en possèdent quatre.

D'autre part, parmi les Vésicants qui ont trois paires de glandes accessoires, les Zonitis se distinguent par la forme toute spéciale de ces glandes et les Mylabres par le développement des tubes de la deuxième et de la troisième paire.

Enfin, il ressort de mes recherches que c'est dans l'une au moins des glandes accessoires de l'appareil mâle que se rencontre et que se produit la cantharidine, qui donne à ces insectes leurs propriétés épispastiques.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVII.

Fig. 1. — Organes génitaux ♂ de la Cantharide. — *t*, les testicules; *d*, canaux déférents (réservoirs spermatiques); *ep*, portion épididymaire de ces canaux; *c*, conduit éjaculateur et son extrémité antérieure renflée *r*; *s*, tubes scorpioïdes; *v*, glandes de la seconde paire; *x*, tubes à cantharidine.

Fig. 2. — Extrémité antérieure du conduit éjaculateur de la Cantharide. Mêmes lettres que dans la figure précédente.

Fig. 3. — Tube scorpioïde (Cantharide).

Fig. 4. — Le même déroulé pour montrer le petit tube *h* qui se greffe à son sommet *s*.

Fig. 5. — Portion du contenu du tube scorpioïde. — *m*, mucus épais; *g*, matière gélatineuse renfermant les cristaux *c*, *c*, *c*.

Fig. 6. — Portion grossie d'une coupe transversale de l'un des bourrelets épithéliaux du tube scorpioïde. — *m*, fibres musculaires transver-

sales; *n*, fibres musculaires longitudinales; *tr*, trachée; *e*, épithélium avec prolongements hyalins; *k*, cellules en régression.

Fig. 7. — Deux cellules épithéliales isolées par dissociation.

Fig. 8. — Deux cellules épithéliales en régression, isolées par dissociation.

Fig. 9. — Portion de la masse muqueuse de l'extrémité antérieure des tubes scorpioïdes, montrant l'empreinte des cellules épithéliales.

Fig. 10. — Coupe transversale de l'un des tubes scorpioïdes dans la région moyenne; grossissement : $\frac{120}{1}$. — *m*, mucus épais; *g*, substance gélatineusc avec cristaux; en *o* et o^1, empreintes des cellules épithéliales, et petits tubes où pénétraient les prolongements des cellules épithéliales; *e*, épithélium; *i*, épithélium à cellules courtes; *k*, cellules en régression; k^1, état ultime de régression; *u*, couches musculaires de l'enveloppe; *r*, calottes muqueuses, produit des cellules.

Fig. 11. — Coupe transversale d'un tube scorpioïde dans la portion antérieure de la région moyenne; grossissement : $\frac{100}{1}$. — Mêmes lettres que dans la figure précédente; *l*, vacuoles.

Fig. 12. — Coupe transversale d'un tube scorpioïde vers son extrémité antérieure, grossissement : $\frac{100}{1}$. — Mêmes lettres que figure 10.

Fig. 13. — Forme des cristallisations que renferme le mucus gélatineux des tubes scorpioïdes.

Fig. 14. — Coupe transversale de l'extrémité libre d'un tube à cantharidine. — *m*, paroi musculaire; *g*, contenu muqueux; *sp*, amas de faisceaux de spermatozoïdes.

Fig. 15. — *a*, *b*, cellules de l'épithélium de la paroi des tubes à cantharidine, prises dans les portions renflées de ces tubes; *c*, *d*, glandes unicellulaires siégeant dans l'épithélium, particulièrement au niveau des espaces étranglés; *a' b'*, deux de ces cellules en régression.

Fig. 16. — Portion étalée de la paroi d'un tube à cantharidine. — *f*, faisceaux musculaires; *a*, cellules épithéliales; *b*, grosses cellules.

Fig. 17. — Figures cristallines obtenues en traitant le contenu des tubes à cantharidine par l'acide azotique.

Fig. 18. — Cristaux de cantharidine pure.

Fig. 19. — Cristaux obtenus par addition d'eau à la solution des cristaux de la figure 17 dans le chloroforme.

Fig. 20. — Coupe transversale d'une portion d'un tube de la seconde paire de glandes accessoires. — *g*, mucus; *e*, épithélium.

Fig. 21. — Appareil génital mâle de *Lytta pensylvanica*. — Mêmes lettres que figure 1.

Fig. 22. — Appareil génital mâle de *Cerocoma Schæfferi*.

Fig. 23. — Portion grossie de l'appareil mâle du même.

Fig. 24. — Appareil mâle de *Mylabris quadripunctata*. — *o*, renflement d'où naissent les deux tubes moniliformes de la troisième paire.

Fig. 25. — Portion grossie de l'appareil mâle du même.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE

PHYSIOLOGIE

ZOOLOGIE

ANALYSES ET EXTRAITS

TABLE DES AUTEURS

TABLE DES PLANCHES

ERRATA

Page 334, ligne 18, supprimez *l*.
— 337, — 4, *au lieu de :* (ganglion *g*), *lisez :* (ganglion *g'*).
— 338, — 22, *au lieu de : xx', lisez : rr*.
— 341, — 20, *au lieu de : ft, lisez ; fp*.
— 343, — 4, *au lieu de :* (fig. 6), *lisez :* (fig. 4).
— 347, — 2, *après :* masse du nucléus, *ajoutez :* (fig. 7, 8, 9, 10).
— 350, — 29, *au lieu de :* (au-dessus du foie), *lisez :* (au-dessous du foie).
— 350, — 31, *au lieu de :* et effleure seulement le corps, *lisez :* et en effleure seulement le corps.
Planche XII, fig. 4, *au lieu de :* br (entre les lettres *fp'* et *tc*), *lisez :* br'.

Le propriétaire-gérant,

Félix Alcan.

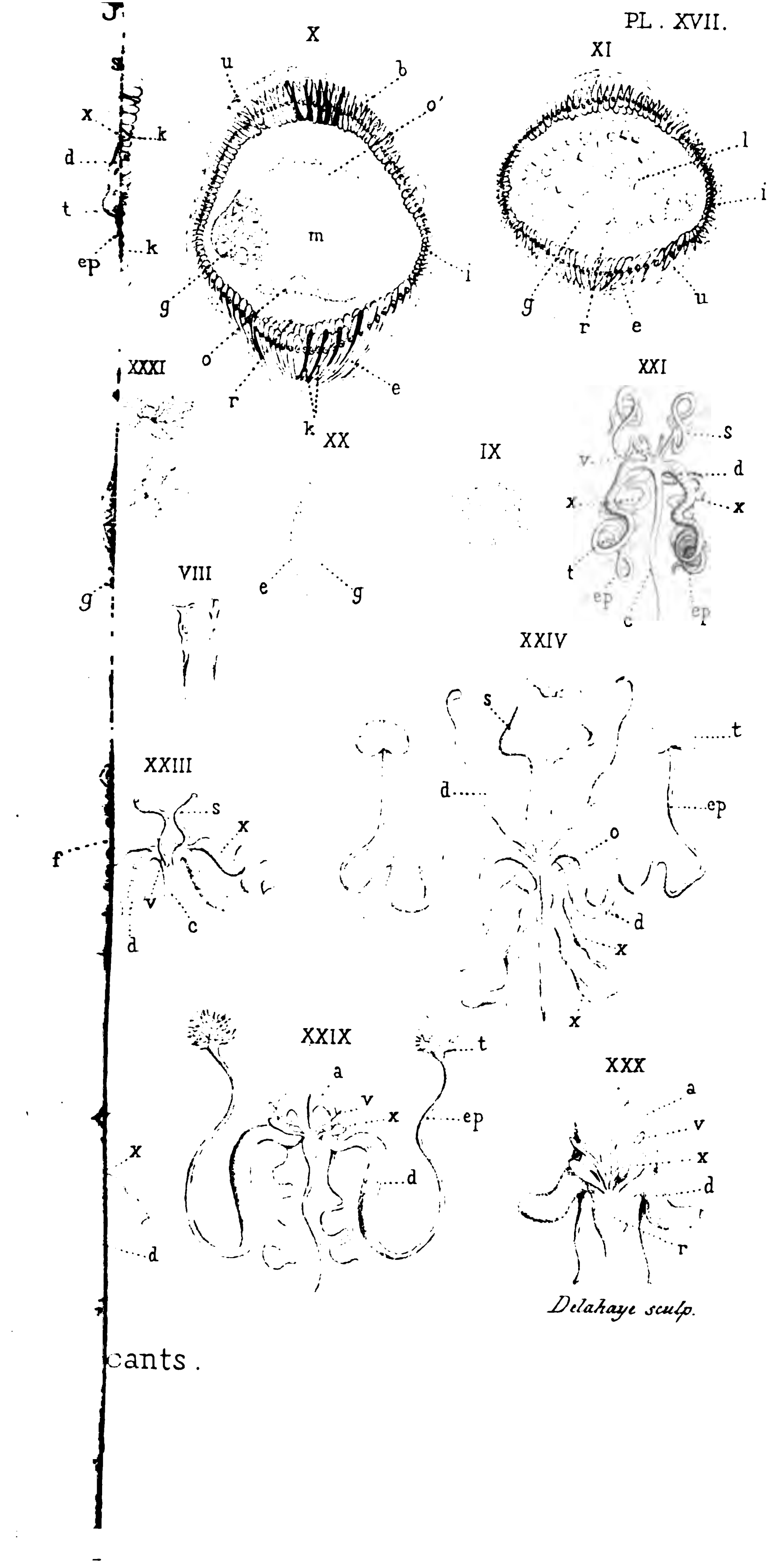
Saint-Denis. — Imprimerie de Ch. Lambert, 17, rue de Paris.



R. Moniez del

Nouvelle forme de Sarcodine (Schizogenes parasiticus)

Felix Alcan éditeur


PL . XVII.
X
XI
XXXI
XXI
XX
IX
VIII
XXIV
XXIII
XXIX
XXX
u
b
o
m
i
g
r
k
e
l
x
d
t
ep
s
v
c
f
a
Delahaye sculp.
cants .

St













